



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

# **KARAKTERISASI KOMPOSIT *SILICONE RUBBER* BERPENGUAT NANOSELULOSA SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN BARIUM HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI PENYERAP SUARA DAN PENYERAP RADAR**

RACHMADHANI DIAN PRATAMA  
NRP. 2713 100 063

Dosen Pembimbing :  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





**TUGAS AKHIR- TL 141584**

**KARAKTERISASI KOMPOSIT *SILICONE RUBBER*  
BERPENGUAT NANOSELULOSA SERAT TANDAN  
KOSONG KELAPA SAWIT DAN BARIUM  
HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI PENYERAP  
SUARA DAN PENYERAP RADAR**

**RACHMADHANI DIAN PRATAMA  
NRP. 2713 100 063**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**CHARACTERIZATION OF SILICONE RUBBER  
COMPOSITE REINFORCED BY  
NANOCELLULOSE OIL PALM EMPTY FRUIT  
BUNCH FIBER AND BARIUM HEXAFERRITE  
FOR APPLICATION SOUND ABSORBER AND  
RADAR ABSORBER**

**RACHMADHANI DIAN PRATAMA  
NRP. 2713 100 063**

**Advisors**

**Ir. Moh. Farid, DEA**

**Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**KARAKTERISASI KOMPOSIT *SILICONE RUBBER*  
BERPENGUAT NANOSELULOSA SERAT TANDAN  
KOSONG KELAPA SAWIT DAN BARIUM  
HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI PENYERAP  
SUARA DAN PENYERAP RADAR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

(Halaman ini Zengga Dikoreksi)

Oleh:

**RACHMADHANI DIAN PRATAMA**  
**NRP. 2713 100 063**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Ir. Moh. Farid, DEA .....(Pembimbing I)

Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.....(Pembimbing II)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



# **KARAKTERISASI KOMPOSIT SILICONE RUBBER BERPENGUAT NANOSULOSA SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN BARIUM HEKSAFERRIT UNTUK APLIKASI PENYERAP SUARA DAN PENYERAP RADAR**

Nama : Rachmadhani Dian Pratama  
NRP : 2713100063  
Departemen : Teknik Material FTI-ITS  
Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T

## **ABSTRAK**

*Komposit berpenguat nano filler merupakan satu material yang sedang dikembangkan. Salah satu aplikasinya dapat digunakan untuk menyerap suara. Sedangkan Barium Heksaferrit merupakan material yang memiliki sifat magnetik yang baik yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Penelitian ini menggunakan silicone rubber berpori sebagai matriks, nanoselulosa dan barium heksaferrit sebagai filler. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah penambahan Barium Heksaferrit dan tanpa penambahan Barium Heksaferrit. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penambahan nanoselulosa dan Barium Heksaferrit terhadap nilai koefisien absorpsi suara dan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji koefisien absorpsi suara, SEM, TEM, FTIR, densitas, dan uji VNA. Silicone Rubber berporous yang mengandung 6% nanoselulosa dan 10% BaM memiliki nilai  $\alpha$  tertinggi 0.4762 pada frekuensi 4000 Hz dan nilai rugi refleksi tertinggi yaitu -23.016 dB pada frekuensi 8.39 GHz.*

**Kata kunci : Tandan Kosong Kelapa Sawit, Nanoselulosa, Silicone Rubber Berpori, Barium Heksaferrit.**

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**CHARACTERIZATION OF SILICONE RUBBER  
COMPOSITE REINFORCED BY NANOCELLULOSE  
OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH FIBER AND  
BARIUM HEXAFERRITE FOR APPLICATION SOUND  
ABSORBER AND RADAR ABSORBER**

Name : Rachmadhani Dian Pratama  
NRP : 2713100063  
Department : Materials Engineering FTI-ITS  
Advisors : Ir. Moh. Farid, DEA.  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T

**ABSTRACT**

*Composite materials reinforced by nanofiller are now becoming one of the developed materials. It can be used as an acoustical material. Acoustical materials are often used as sound absorber. Meanwhile, barium hexaferrite is a material that has good magnetic properties which can absorb electromagnetic waves. This study used porous silicone rubber as the matrix, nanocellulose and barium hexaferrite as the filler. The variables used in this study were the addition of barium hexaferrite and without the addition of barium hexaferrite. The purpose of this research is to analyze the effect of nanocellulose and barium hexaferrite to the value of sound absorption coefficient and the value of electromagnetic wave absorption. Tests performed in this study were included sound absorption coefficient, SEM, TEM, FTIR, density and VNA test. Porous silicone rubber which containing 6% nanocellulose and 10% BaM has highest  $\alpha$  value 0.4762 at frequency 4000 Hz and highest reflection loss value -23.016 dB at frequency 8.39 GHz.*

***Keywords: Oil Palm Empty Fruit Bunch, Nanocellulose, Porous Silicone Rubber, Barium Hexaferrite.***

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Karakterisasi Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Barium Heksaferrit untuk Aplikasi Penyerap Suara dan Penyerap Radar”**.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Ayah, Ibu dan keluarga atas semua doa, dukungan moriil dan materiil, pengertian dan cinta yang telah diberikan selama ini
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing dan Bapak Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T. selaku dosen *co*-pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali yang selalu mengayomi dari awal perkuliahan
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
5. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxi</b>

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit.....	5
2.2 Komponen Komposit.....	6
2.2.1 Serat .....	6
2.2.2 Matriks .....	7
2.3 Serat Alami .....	7
2.4 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	8
2.4.1 Nanoselulosa .....	10
2.5 Perlakuan Kimia pada Serat .....	12
2.6 Barium M-Heksaferit.....	14
2.7 Matriks <i>Silicone Rubber</i> .....	16
2.8 <i>Silicone Rubber</i> Berpori .....	17
2.9 Bunyi .....	18
2.10 Material Akustik.....	19
2.11 Material Penyerap Suara.....	20
2.12 Material Penyerap Radar ( <i>Radar Absorbing Material</i> ) ...	24
2.13 Penelitian Terdahulu.....	26

### **BAB III METODOLOGI PERCOBAAN**

3.1 Diagram Alir .....	29
3.1.1 Diagram Alir Pembuatan <i>Filler</i> Mikro Selulosa .....	30
3.1.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Filler</i> Nanoselulosa .....	31
3.1.3 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferit .....	32
3.1.4 Diagram Alir Pembuatan Komposit.....	33
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	34
3.2.1 Bahan Penelitian.....	34
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	38
3.3 Variabel Penelitian .....	44
3.4 Metode Penelitian .....	45
3.4.1 Persiapan Bahan .....	45
3.4.1.1 Pengolahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	45
3.4.1.2 Pembuatan <i>Silicone Rubber</i> .....	49
3.4.1.3 Sintesis Barium Heksaferit .....	49
3.4.1.4 Pembuatan Komposit.....	51
3.4.2 Proses Pengujian .....	51
3.4.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara .....	51
3.4.2.2 Pengujian SEM.....	53
3.4.2.3 Pengujian Densitas .....	54
3.4.2.4 Pengujian FTIR .....	55
3.4.2.5 Pengujian TEM.....	56
3.4.2.6 Pengujian <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA) ..	57
3.4.2.7 Pengujian X-Ray Diffractometer (XRD) .....	59
3.5 Rancangan Penelitian .....	60

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Preparasi Komposit .....	61
4.2 Analisis Morfologi.....	61
4.3 Analisis FTIR .....	68
4.4 Hasil Pengujian Densitas .....	73
4.5 Analisis Koefisien Absorpsi Suara .....	74
4.6 Analisis Uji VNA .....	76



4.7 Analisis Uji XRD .....	78
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxix</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>xlvii</b>

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya .....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Kimia Selulosa .....	10
<b>Gambar 2.3</b>	TEM dari <i>Nano Fibrillated Cellulose</i> dengan Perbesaran 50.000x .....	11
<b>Gambar 2.4</b>	Struktur Kristal Barium M-Heksaferit .....	13
<b>Gambar 2.5</b>	Rantai Utama Polidimetilsiloksan .....	14
<b>Gambar 2.6</b>	Gelombang Longitudinal.....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Kurva Zona Frekuensi Material Penyerap Berpori .....	19
<b>Gambar 2.8</b>	Zona Frekuensi Penyerap Resonant .....	20
<b>Gambar 2.9</b>	Zona Frekuensi Tipe Helmlotz .....	21
<b>Gambar 2.10</b>	Zona Frekuensi Tipe Wideband .....	22
<b>Gambar 2.11</b>	Gelombang elektromagnetik .....	23
<b>Gambar 2.12</b>	Energi disipasi pada material RAM .....	24
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Percobaan .....	27
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram Alir Pembuatan <i>Filler</i> Mikro Selulosa .....	28
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Alir Pembuatan <i>Filler</i> Nanoselulosa ....	29
<b>Gambar 3.4</b>	Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferit .....	30
<b>Gambar 3.5</b>	Diagram Alir Pembuatan Komposit.....	31
<b>Gambar 3.6</b>	Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	32
<b>Gambar 3.7</b>	Silicone Rubber RTV 585 .....	32
<b>Gambar 3.8</b>	Katalis Bluesil .....	33
<b>Gambar 3.9</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	33
<b>Gambar 3.10</b>	NaOH .....	33
<b>Gambar 3.11</b>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	34
<b>Gambar 3.12</b>	NaCl .....	34
<b>Gambar 3.13</b>	Heksana .....	34
<b>Gambar 3.14</b>	BaCO <sub>3</sub> .....	35
<b>Gambar 3.15</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	35
<b>Gambar 3.16</b>	Serbuk Zn .....	35
<b>Gambar 3.17</b>	Cetakan Spesimen Uji Absorpsi Suara .....	36
<b>Gambar 3.18</b>	Timbangan Digital .....	36
<b>Gambar 3.19</b>	Gelas Beaker .....	37

<b>Gambar 3.20</b>	Kertas Indikator pH .....	37
<b>Gambar 3.21</b>	Blender .....	38
<b>Gambar 3.22</b>	Alat Sieving .....	38
<b>Gambar 3.23</b>	Alat <i>Centrifuge</i> .....	39
<b>Gambar 3.24</b>	<i>Planetary Ball Mill</i> .....	39
<b>Gambar 3.25</b>	<i>Vacuum Furnace</i> .....	40
<b>Gambar 3.26</b>	Alat Uji SEM .....	40
<b>Gambar 3.27</b>	Alat Uji FTIR .....	40
<b>Gambar 3.28</b>	Alat Uji Absorpsi Suara .....	41
<b>Gambar 3.29</b>	Alat Uji VNA .....	41
<b>Gambar 3.30</b>	Alat Uji Densitas .....	42
<b>Gambar 3.31</b>	Alat Uji TEM .....	42
<b>Gambar 3.32</b>	Proses Pengambilan Serat .....	43
<b>Gambar 3.33</b>	Proses Pengeringan Serat .....	44
<b>Gambar 3.34</b>	Proses Sieving .....	44
<b>Gambar 3.35</b>	Proses Alkalisasi .....	45
<b>Gambar 3.36</b>	Proses <i>Bleaching</i> .....	45
<b>Gambar 3.37</b>	Proses Hidrolisis.....	46
<b>Gambar 3.38</b>	Proses Sentrifugasi.....	46
<b>Gambar 3.39</b>	Nanoselulosa .....	47
<b>Gambar 3.40</b>	Pencampuran Bahan Barium Heksaferit .....	48
<b>Gambar 3.41</b>	Prekursor BaM .....	48
<b>Gambar 3.42</b>	BaM yang Sudah Dikalsinasi .....	49
<b>Gambar 3.43</b>	Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara .....	50
<b>Gambar 3.44</b>	Spesimen Uji Absorpsi Suara.....	51
<b>Gambar 3.45</b>	Prinsip Kerja SEM .....	52
<b>Gambar 3.46</b>	Spesimen Uji SEM.....	52
<b>Gambar 3.47</b>	Pengujian Densitas .....	53
<b>Gambar 3.48</b>	Skema Uji FTIR .....	54
<b>Gambar 3.49</b>	<i>Transmission Electron Microscope</i> .....	55
<b>Gambar 3.50</b>	Alat Uji VNA .....	56
<b>Gambar 3.51</b>	Spesimen Uji VNA .....	57
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Preparasi Komposit.....	59
<b>Gambar 4.2</b>	Hasil SEM Serat TKKS <i>Washed</i> .....	60

<b>Gambar 4.3</b>	Hasil SEM Serat TKKS dengan Perlakuan Alkalisasi .....	61
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil Hasil SEM Serat TKKS dengan Perlakuan <i>Bleaching</i> .....	61
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil SEM Serat TKKS dengan Perlakuan Hidrolisis .....	62
<b>Gambar 4.6</b>	Pengaruh Penambahan Filler terhadap Morfologi Hasil SEM Komposit (a) SR Berpori, (b) SR + 6% TKKS, (c) SR+6% TKKS+10% BaM .....	64
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Uji TEM Nanoselulosa dengan Perbesaran 80000x .....	65
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Uji FTIR TKKS dengan Berbagai Perlakuan .....	66
<b>Gambar 4.9</b>	Transmitansi ikatan C=C .....	68
<b>Gambar 4.10</b>	Hasil Uji FTIR <i>Silicone Rubber</i> Berpori .....	69
<b>Gambar 4.11</b>	Pengaruh Penambahan <i>filler</i> terhadap Hasil Uji FTIR Komposit .....	70
<b>Gambar 4.12</b>	Pengaruh Penambahan Filler terhadap Nilai Densitas Komposit .....	71
<b>Gambar 4.13</b>	Hasil Uji Koefisien Absorpsi Suara .....	73
<b>Gambar 4.14</b>	Grafik Hasil Uji VNA .....	75
<b>Gambar 4.15</b>	Pola XRD (a) Barium Heksaferrit Non Dopping (b) Barium Heksaferrit Dopping Zn .....	61

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Komposisi Kimia Beberapa Serat Alam .....	8
<b>Tabel 2.2</b>	Sifat Mekanik Beberapa Serat Alam .....	8
<b>Tabel 2.3</b>	Komposisi Kimia pada Fiber Kelapa Sawit .....	10
<b>Tabel 2.4</b>	Sifat dari Serat Kelapa Sawit ( <i>Empty Fruit Bunch</i> ) .	10
<b>Tabel 2.5</b>	Sifat dari Barium M-Heksaferit .....	13
<b>Tabel 2.6</b>	Sifat Fisik dan Mekanik <i>Silicone Rubber</i> .....	15
<b>Tabel 2.7</b>	Koefisien Absorpsi dari Material Akustik .....	17
<b>Tabel 3.1</b>	Rancangan Penelitian .....	58
<b>Tabel 4.1</b>	Daerah Serapan IR Serat TKKS .....	67
<b>Tabel 4.2</b>	Daerah Serapan Infra Merah <i>Silicone Rubber</i> Berpori .....	70
<b>Tabel 4.3</b>	Pengaruh Penambahan Filler terhadap Densitas Komposit .....	71
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai % Porositas .....	72
<b>Tabel 4.5</b>	Nilai Koefisien Absorpsi Suara SR/Nano Selulosa/BaM .....	72

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki, kebisingan yaitu bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KepmenLH No.48 Tahun 1996) atau semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (KepMenNaker No.51 Tahun 1999).

Telah banyak upaya untuk mengurangi kebisingan salah satunya dengan menggunakan bahan-bahan penyerap suara atau biasa disebut dengan sound absorption material. Sound absorption material sendiri haruslah terbuat dari bahan yang berpori, dimana pori – pori ini akan menyerap bunyi yang lebih besar dibandingkan dengan bahan yang lainnya. Dengan adanya pori – pori ini maka gelombang bunyi akan dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor (Wirajaya, 2007). Beberapa absorption materials adalah fibers, glasswool, woven glass fiber dan sebagainya (Kalita, 2014). Selain itu pada proses manufaktur glasswool menghasilkan sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) dan Nitrous Oksida (NO<sub>x</sub>) (EMEP/EEA Emission, 2013). Oleh karena itu baru-baru ini banyak dikembangkan serat natural untuk mengatasi gas berbahaya tersebut. Serat natural bersifat lebih ramah lingkungan dan aman untuk kesehatan manusia.

Pada perkembangannya, saat ini telah dikembangkan berbagai material komposit dari serat alam yang digunakan sebagai material penyerap suara. Komposit serat alami merupakan salah satu alternatif bahan absorber suara.



Belakangan ini telah banyak penelitian mengenai komposit dengan *filler* serat tandan kosong kelapa sawit (*Oil Palm Empty Fruit Bunch/OPFB*) yang dikembangkan dalam skala nano dan polimer sebagai matriks. Penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit berskala nano sebagai *filler* dan *silicone rubber* berporos sebagai matriks menghasilkan koefisien absorpsi suara yang cukup baik. Penggunaan komposit *silicone rubber* dengan *filler* serat tandan kosong kelapa sawit dengan fraksi berat 6% pada frekuensi 4000 Hz menghasilkan nilai  $\alpha$  sebesar 0,425 (Afira, 2016).

Selain itu, saat ini juga dikembangkan material penyerap radar atau *Radar Absorbing Material* (RAM). Salah satu bahan yang biasa digunakan untuk membuat material anti radar adalah Barium Heksaferit yang mana merupakan material magnetik. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini, akan dibuat komposit *silicone rubber* dengan *filler* serat tandan kosong kelapa sawit dengan menambahkan material Barium Heksaferit yang diharapkan dapat memberikan sifat magnetik yang dapat menyerap gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu perlu disintesis dan dikaji lebih lanjut mengenai komposit *silicone rubber* berpenguat nano selulosa serat tandan kosong kelapa sawit dan Barium Heksaferit. Perhatian utama pada penelitian ini ditujukan pada pengaruh penambahan nanoselulosa dan Barium Heksaferit terhadap nilai koefisien absorpsi suara dan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, perumusan masalah yang akan diidentifikasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa serat tandan kosong kelapa sawit dan Barium Heksaferit terhadap morfologi dan karakteristik penyerapan suara pada komposit *Silicone Rubber*?



2. Bagaimana pengaruh penambahan Barium Heksaferrit terhadap karakteristik penyerapan gelombang elektromagnetik pada komposit *Silicone Rubber*?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya dianggap sangat kecil bagi proses penelitian ini sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Pengotor pada saat sintesis dan pengujian dianggap tidak ada.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi serat dianggap merata.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh penambahan nanoselulosa serat tandan kosong kelapa sawit dan Barium Heksaferrit terhadap morfologi dan karakteristik penyerapan suara pada komposit *Silicone Rubber*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan Barium Heksaferrit terhadap karakteristik penyerapan gelombang elektromagnetik pada komposit *Silicone Rubber*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menciptakan produk komposit baru *Silicone Rubber* berpenguat nanoselulosa serat tandan kosong kelapa sawit dan barium heksaferrit.



2. Memanfaatkan limbah organik dari tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan inovasi material yang baru.
3. Memberikan alternatif material dengan memanfaatkan sumber daya alam sekitar.
4. Memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Komposit**

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut akan menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya (Sulistijono, 2012).

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.
2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber
3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. MMC: Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang menggunakan matriks logam
2. CMC: Ceramic Matriks Composite adalah material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik



3. PMC: Polymer Matriks Composite merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu

1. *Continuous Fibre Composite*, Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya
2. *Woven Fibre Composite* (bi-directional), komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan
3. *Discontinuous Fibre Composite*, tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3:
  - a) *Aligned discontinuous fibre*
  - b) *Off-axis aligned discontinuous fibre*
  - c) *Randomly oriented discontinuous fibre*

## 2.2 Komponen Komposit

### 2.2.1 Serat

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya felts, mats, dan serat pendek untuk injection molding.
2. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (woven)

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi (Sulistijono, 2012).



### 2.2.2 Matriks

Matriks merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat bersama-sama. Matriks merupakan kontituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umunya adalah ulet, kekuatan dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matriks yang umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik.

### 2.3 Serat Alami

Serat alam memiliki keistimewaan karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable*), emisi CO<sub>2</sub> yang rendah, serta massa jenis yang rendah. Serat alam juga dipandang sebagai kandidat pengganti serat gelas karena kekuatan dan densitasnya.

Ada enam tipe dasar dari serat alami. Mereka diklasifikasikan sebagai berikut: serat kulit pohon (jute, rami, rami, rami dan kenaf), serat daun (abaca, sisal dan nanas), serat biji (coir, kapas dan kapuk), serat inti (kenaf, rami dan rami), rumput dan alang-alang serat (gandum, jagung dan beras) dan semua jenis lain (kayu dan akar) (Faruk, 2012).

Serat alam merupakan bahan komposit alam berpenguat berupa selulosa serta pengikat (matriks) berupa pectin dan hemiselulosa. Selulosa adalah komponen utama pada dinding sel tumbuhan. Kandungannya bisa mencapai 60% sampai dengan 90%. Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 menunjukkan data komposisi kimia beberapa jenis serat alam dan juga sifat mekaniknya.



**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Beberapa Serat Alam (Faruk, 2012)

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemicellulose (wt%)	Lignin (wt%)
Abaca	56-63	20-25	7-9
Bagase	55.2	16.8	25.3
Bamboo	26-43	30	21-31
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45
Flax	71	18.6-20.6	2.2
Hemp	68	15	10
Kenaf	72	20.3	9
Oil Palm	65	-	29
Ramie	68.6-76.2	13-16	0.6-0.7

**Tabel 2.2** Sifat Mekanik Beberapa Serat Alam (Faruk, 2012)

Fiber	Tensile Strength (Mpa)	Young's Modulus (Gpa)	Elongation at break (%)	Density (g/cm3)
Abaca	400	12	03-Okt	1.5
Bagase	290	17	-	1.25
Bamboo	140-230	11-17	-	0.6-1.1
Coir	175	4-6	30	1.2
Flax	345-1035	27.6	2.7-3.2	1.5
Hemp	690	70	1.6	1.48
Kenaf	930	53	1.6	-
Oil Palm	248	3.2	25	0.7-1.55
Ramie	560	24.5	25	1.5

## 2.4 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

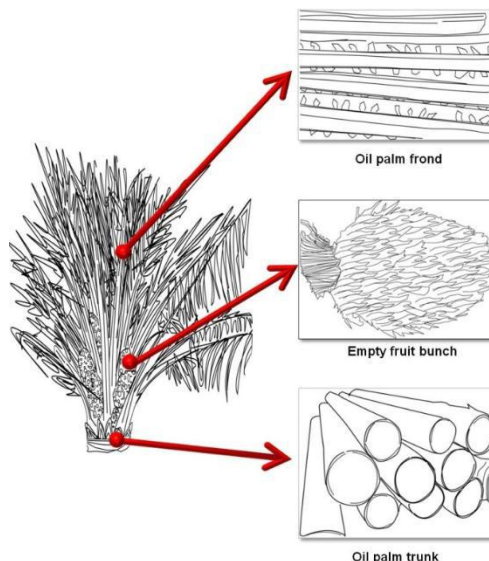
Jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, pada tahun 2010 mencapai 21.958.120 ton dan pada tahun 2011 mencapai 22.508.011 ton

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



(BPS, 2012). Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong sawit 23%, cangkang 8%, serat 12% dan limbah cair 66%. Limbah tandan kosong sawit pada tahun 2010 mencapai 5.050.367,6 ton dan pada tahun 2011 mencapai 176.842,53 ton (Andriyati, 2007). Serat TKKS sebenarnya mengandung selulosa yang cukup tinggi sehingga layak dikembangkan dalam teknologi bahan.

Tanaman kelapa sawit memiliki tiga bagian utama yang menghasilkan fiber yaitu, batang, daun palem, dan tandan kosong. Pohon-pohonnya memiliki rentang hidup sekitar 25 tahun dan tumbuh sampai ketinggian  $\approx 7-13$  m dengan ketebalan 45-65 cm, yang diukur 1,5 m di atas permukaan tanah (Khalil, 2012). Bagian-bagian kelapa sawit ditunjukkan pada **Gambar 2.1**



**Gambar 2.1** Serat Alam Kelapa Sawit dari Pohonnya (Khalil, 2012)

Adapun komposisi kimia dan juga beberapa sifat dari kelapa sawit dapat dilihat pada **Tabel 2.3** dan **Tabel 2.4**



**Tabel 2.3** Komposisi Kimia pada Fiber Kelapa Sawit (Beg, 2015)

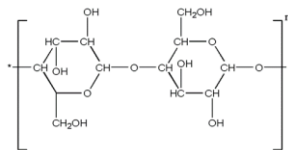
Komposisi	EFB (wt%)	Frond (wt%)	Trunk (wt%)
Selulosa	43-65	40-50	29-37
Hemiselulosa	17-33	34-38	12-17
Lignin	13-37	20-21	18-23
Ash	1-6	2-3	2-3

**Tabel 2.4** Sifat dari Serat Kelapa Sawit (*Empty Fruit Bunch*)  
(Saba, 2016)

Properties	OPEFB fiber
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.7–1.55
Tensile Strength (MPa)	50–400
Young's modulus (GPa)	1–9
Elongation at break (%)	8–18
Cellulose content (%)	43.7
Hemicellulose (%)	29.02
Lignin content (%)	13.33
Microfibril angle (°)	42–46
Lumen width (μm)	6.90

### 2.4.1 Nanoselulosa

Selulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>. Sebagian besar selulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuhan-tumbuhan (Anggorodi, 1994). Struktur kimia selulosa ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



**Gambar 2.2** Struktur Kimia Selulosa (Chen, 2014)

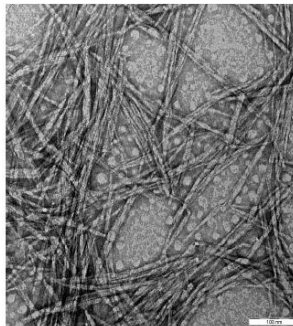
Selulosa memiliki *mechanical properties* yang baik sehingga dapat digunakan untuk penguat dalam komposit. *Mechanical properties* selulosa ditunjukkan oleh Tabel 2.5.



**Tabel 2.5** *Mechanical Properties* Selulosa (Moon, 2011)

Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	1.6
Tensile Strength (GPa)	7.5 - 7.7
Modulus Elastisitas pada arah axial (GPa)	110 - 220
Modulus Elastisitas pada arah transverse (GPa)	10 - 50

Sedangkan *nanocellulose* adalah istilah yang mengacu pada selulosa berstruktur nano. Gambar 2.3 menunjukkan salah satu contoh morfologi nano selulosa.



**Gambar 2.3** TEM dari *Nano Fibrillated Cellulose* dengan Perbesaran 50.000x (Ireana, 2014)

Berbagai metode isolasi seperti *steam explosion*, enzimatik dan hidrolisis asam telah digunakan untuk mengisolasi partikel kristalin. Di antara metode yang disebutkan tersebut, hidrolisis asam adalah yang terkenal dan selalu menjadi pendekatan utama. Pendekatan ini memakai asam untuk memecahkan bagian amorphous pada selulosa, meninggalkan domain kristalin yang utuh. Kristalin ukuran nano yang dihasilkan disebut *nanocrystalline cellulose* (NCC) (Shanmugarajah dkk, 2015).

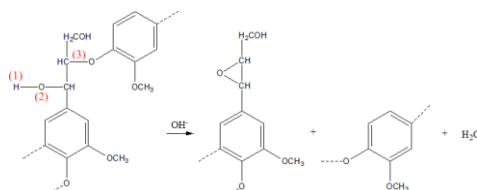


Poses isolasi nanoselulosa dari tandan kosong adalah dengan menggiling tandan kosong, kemudian menyaringnya. Serbuk tandan kosong yang sudah disaring dicuci dengan air destilasi untuk menghilangkan zat - zat lunak yang menutupi permukaan serat. Setelah itu, serbuk tandan kosong direndam larutan NaOH 2% selama 3 jam pada 70°C dibawah pengadukan magnetik. Kemudian sampel dicuci menggunakan air destilasi untuk menghilangkan sisa alkali pada permukaan. Lalu serat di-*bleaching* kemudian dicuci menggunakan air destilasi untuk mencapai pH 7. Selanjutnya proses hidrolisis dilakukan dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 64% pada temperatur 40°C dibawah pengadukan mekanik selama 45 menit. Reaksi dihentikan dengan mengencerkannya menggunakan air yang telah dimurnikan. Sisa asam sulfat dihilangkan dengan sentrifugasi pada 7000rpm selama 10 menit (Bawaani, 2015).

## 2.5 Perlakuan Kimia pada Serat

Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dengan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Untuk mendapatkan serat dengan tingkat kemurnian dilakukan beberapa perlakuan kimia. Perlakuan kimia yang dilakukan antara lain alkalisasi, *bleaching*, dan hidrolisis asam.

Alkalisasi merupakan metode perendaman serat dalam larutan alkali basa yang biasanya berupa larutan NaOH. Pada proses alkalisasi, lignin akan bereaksi dengan larutan basa yang terdapat pada serat hanyalah selulosa (Yusuf, 2017). Reaksi berikut menggambarkan proses yang terjadi saat perlakuan alkalisasi pada serat yang ditunjukkan pada Gambar 2.4



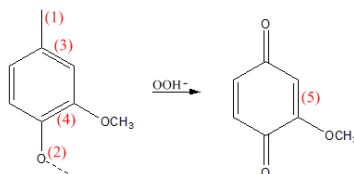
**Gambar 2.4** Reaksi pada Proses Alkalisasi

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.4 menunjukkan reaksi yang terjadi saat alkalisasi. Lignin bereaksi dengan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{OH}^-$  bereaksi dengan gugus H pada lignin seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 (1), kemudian membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini menyebabkan gugus O pada Gambar 2.4 (2) membentuk radikal bebas dan reaktif dengan C membentuk cincin epoksi (C-O-C). Sehingga menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O seperti pada Gambar 2.4 (3). Reaksi menghasilkan dua cincin benzene yang terpisah, dimana masing-masing cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan  $\text{Na}^+$  dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang apabila dibilas.

Perlakuan kimia selanjutnya adalah proses *bleaching*. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin dari proses alkali dengan memutus ikatan rangkap pada cincin benzene sehingga ikatan C=C berkurang, kemudian hilang. Dapat dilihat bahwa adanya ion  $\text{OOH}^-$  yang berasal dari reaksi  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan  $\text{OH}^-$  dari NaOH yang terdisosiasi. Reaksi pada proses *bleaching* ditunjukkan pada Gambar 2.5

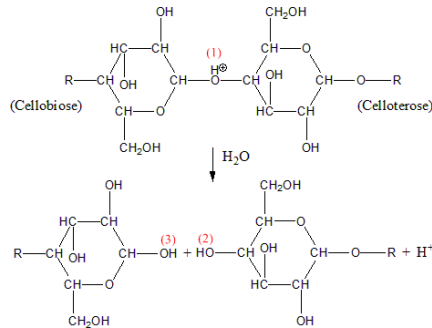


**Gambar 2.5** Reaksi pada Proses *Bleaching*

Perlakuan kimia selanjutnya adalah proses hidrolisis asam. Hidrolisis asam menyebabkan pecahnya selulosa dari serat tunggal akan melekat bersama membentuk nanoselulosa. Reaksi pada proses hidrolisis ditunjukkan pada Gambar 2.6. pada Gambar 2.6 menunjukkan reaksi hidrolisis asam pada selulosa. Asam sulfat yang diencerkan dengan air akan membentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang kemudian ion  $\text{H}^+$  bereaksi dengan salah satu cincin selulosa (*cellootrose*) seperti pada Gambar 2.6 (1) membentuk



ikatan O-H pada Gambar 2.6 (2). Reaksi ini menghasilkan  $\text{H}_2\text{O}$  yang kemudian  $\text{H}_2\text{O}$  akan bereaksi dengan cincin selulosa yang satunya (*cellobiose*) membentuk ikatan O-H seperti Gambar 2.6 (3) dan menghasilkan ion  $\text{H}^+$  (Afira, 2017).



**Gambar 2.6** Reaksi pada Proses Hidrolisis

## 2.6 Barium M-Heksaferit

Barium ferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) merupakan bahan magnetik yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan teknologi yang besar. Barium ferit banyak digunakan untuk magnet permanen, media penyerapan magnetik, dan peredam microwave, karena stabilitas yang tinggi, respon frekuensi tinggi dan magnetisasi yang besar (Jiang, 2008). Magnet ferit juga memiliki permeabilitas, permisivitas dan magnetisasi spontan relatif tinggi, juga tersusun oleh komponen-komponen oksida sehingga juga memiliki resistivitas listrik yang tinggi atau isolator yang baik. Kombinasi sifat intrinsik antara sifat magnetik dan sifat listrik dari ferit seperti itu menempatkan material magnet ferit sebagai penyanggah gelombang-gelombang mikro termasuk gelombang dengan frekuensi yang digunakan dalam RADAR (Priyono, 2007).

Magnet barium ferit ini termasuk klasifikasi material keramik magnet keras yang memiliki struktur hexagonal ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), sehingga dikenal dengan nama barium heksaferit. Kelebihan Barium Heksaferit diantaranya yaitu, mempunyai

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

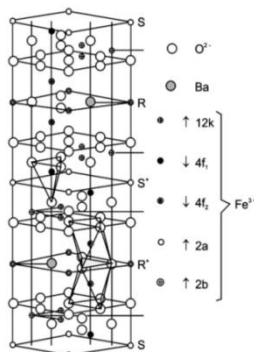


anisotropi kristalin magnet yang cukup besar, koersivitas tinggi (6700 Oe), temperatur Curie (450°C), magnetisasi saturasi yang relatif besar (78 emu/g), kestabilan kimiawi yang baik, tahan korosi dan pembuatannya yang relatif mudah. Barium Ferit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U. Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M, yang biasa dikenal dengan nama BAM. BaM dengan rumus kimia stoikiometri  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  memiliki beberapa sifat yang ditunjukkan pada Tabel 2.5

**Tabel 2.5** Sifat dari Barium M-Heksaferit (Kanagesan, 2013)

<i>Material Properties</i>	Barium M-Heksaferit
<i>Melting point</i> (°C)	1500
Curie Temperatur (°C)	450
<i>Specific Gravity</i> (g/cc)	5,3 (20°C)
Titik leleh (°C)	± 1500
Koersivitas (Oe)	6700
Saturasi (emu/g)	72
Warna	Cokelat kehitam-hitaman

Struktur kristal dari tipe M-ferrite telah dijabarkan pada **Gambar 2.7** yang menunjukkan unit sel dari BaM.



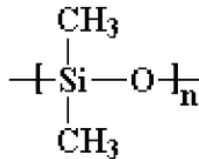
**Gambar 2.7** Struktur Kristal Barium M-Heksaferit (Castellanos, 2011)



BaM termasuk dalam jenis material hard magnetik karena memiliki koersivitas dan magnetisasi yang tinggi. Material hard magnetic memiliki kurva histeresis yang lebih lebar karena energi yang hilang untuk proses magnetisasi tinggi sehingga koersivitasnya ( $H_c$ ) besar. Jadi semakin besar koersivitas, maka semakin keras sifat magnetnya. Material hard magnetik banyak diaplikasikan sebagai bahan magnet permanen (Nasution, 2012).

## 2.7 Matriks *Silicone Rubber*

Rantai utama polimer silikon adalah polidimetilsiloksan dengan rantai utama Si-O dan dua gugus metil pada setiap silikon seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.8** Rantai utama Si-O memberikan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, oksigen, panas (hingga  $315^\circ\text{C}$ ), sinar UV, kelembaban, dan efek cuaca secara umum. Sedangkan pengganti gugus metil memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi (Ciullo, 1996).



**Gambar 2.8** Rantai Utama Polidimetilsiloksan (Morton, 1959)

Pada umumnya, karet silikon merupakan campuran berkekuatan rendah yang berguna pada tingkat temperatur  $-80$  hingga  $450^\circ\text{F}$  ( $-62.2$  hingga  $232.2^\circ\text{C}$ ). Karet silikon juga mempunyai ketahanan terhadap api, cahaya, dan ozon yang sangat baik. Karet silikon biasanya kurang tahan terhadap fluida. Karet silikon sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap panas karena mempunyai temperatur transisi glass yang rendah yaitu  $-197^\circ\text{F}$  ( $-127.2^\circ\text{C}$ ) sehingga membuatnya memiliki fleksibilitas pada temperatur rendah yang cukup baik. Campuran yang berbasis karet silikon mempunyai kekuatan tear yang sangat rendah dan pada biasanya tidak cocok untuk aplikasi

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA





dinamik. (Dick, 2001). Sedangkan untuk sifat fisik dan mekanik yang dimiliki oleh *Silicone Rubber* dapat dilihat pada **Tabel 2.6** berikut.

**Tabel 2.6** Sifat Fisik dan Mekanik *Silicone Rubber* (Deni, 2014)

Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	0.8
Kuat Tarik (Mpa)	4.4 – 9
Kuat Tekan (Mpa)	10 – 30
Hardness Vickers (VHN)	15

Sifat permukaan karet silikon dipengaruhi oleh empat karakteristik struktural (Owens, 2012), yaitu :

1. Gaya intermolekul yang rendah antara gugus metil
2. Fleksibilitas yang tinggi dari rantai utama siloksan
3. Kekuatan yang tinggi dari ikatan siloksan
4. Ionik parsial alami yang dimiliki oleh ikatan siloksan

*Silicone Rubber* dapat membentuk crosslink dengan beberapa senyawa. Polimer ini berikatan secara crosslink menggunakan katalis panas. Proses curing/vulcanisir ini bertujuan untuk membentuk crosslink, memperbaiki plastik yang kaku atau elastomer pelapis. Banyak curing agent yang dapat digunakan untuk membentuk crosslink pada *Silicone Rubber*, seperti benzoil peroksida dan katalis bluesil untuk resin RTV (Room Temperature Vulcanizir) *Silicone Rubber* (Colas, 2005).

## 2.8 Silicone Rubber Berpori

Polimer berpori telah menarik banyak perhatian karena aplikasinya yang luas. Salah satu cara untuk menghasilkan polimer berpori adalah dengan proses pemisahan fase. Metode pemisahan fasa dapat diklasifikasikan menjadi empat metode utama: pengendapan dengan pendinginan biasa disebut *thermally induced phase separation* (TIPS), pengendapan dengan pencelupan biasa disebut *nonsolvent-induced phase separation* (NIPS), pengendapan dengan penyerapan *nonsolvent* dari fase uap air biasa disebut *vapor induced phase separation* (VIPS), dan

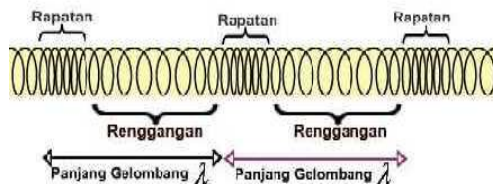


pelarutan *evaporation-induced phase separation* (EIPS). (Zhao, 2013).

Metode pembuatan silicone rubber poros yang berstruktur padat juga dapat dilakukan dengan mencampurkan prekursor *silicone rubber*, *curing agent* dan *sacrificial filler* untuk membentuk struktur poros. *Sacrificial filler* diutamakan adalah garam (J.P. Fuller, 2000). *Silicone rubber* memiliki kekentalan yang tinggi, sehingga akan sulit untuk melakukan pencampuran dengan *sacrificial filler*. Oleh karena itu digunakan heksana sebagai pelarut untuk menurunkan viskositas dari campuran (Yoshimura, 2016). Heksana dapat diuapkan secara alami pada proses pengadukan selama 3 jam (Wang, 2010) atau diletakkan pada 30°C selama 60 menit untuk menguapkan heksana (Rui, 2015). Untuk menghilangkan kandungan garam, setelah *curing*, campuran dicuci dengan air beberapa kali hingga kandungan garam hilang (Yoshimura, 2016)

## 2.9 Bunyi

Bunyi terjadi karena adanya benda yang bergetar yang menimbulkan gesekan dengan zat di sekitarnya. Untuk dapat mendengar bunyi, dibutuhkan beberapa hal yaitu: sumber atau objek yang bergetar, medium perambatan, dan indera pendengaran. Perambatan gelombang bunyi pada suatu medium berupa gelombang longitudinal seperti pada Gambar 2.9, artinya arah getarannya searah dengan arah rambatannya. Gelombang longitudinal terdiri dari rapatan dan regangan yang berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



**Gambar 2.9** Gelombang Longitudinal



Objek yang bergetar pada posisi bebas atau tidakterhalang objek lain akan menyentuh semua partikel zat medium yang ada di sekitarnya, sehinggaperambatan gelombang bunyi terjadi ke segala arah. Ketika perambatan mendekati objek yang diam,maka sebagaimana keadaan objek tersebut, ada kemungkinan perambatan akan memantul atauberkurang karena diserap atau diteruskan oleh objek penghalang tersebut (Mediastika, 2005).

## 2.10 Material Akustik

Material akustik dapat dibagi kedalam tiga kategori dasar, yaitu: (1) material penyerap (*absorbing material*), (2) material penghalang (*barrier material*), (3) material peredam (*damping material*) (Lewis, 1993). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). Tabel 2.7 menunjukkan nilai koefisien absorpsi suara dari beberapa material akustik.

**Tabel 2.7** Koefisien Absorpsi dari Material Akustik (Doelle, 1993)

Material	Frekuensi (Hz)					
	150	250	500	1000	2000	4000
Gypsum board(13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Glass	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Polycarbonate (8-12mm)	0.22	0.29	0.32	0.34	0.39	0.36
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Batu Bata	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07



Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat. Ketika gelombang bunyi mengenai material penyerap, maka energi bunyi sebagian akan diserap dan diubah menjadi energi panas. Besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap dinyatakan dengan koefisien serapan ( $\alpha$ ). Koefisien penyerap suara ( $\alpha$ ) merupakan perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut yang ditunjukkan oleh persamaan (2.1) (Howard, 2009)

$$\alpha = \frac{\text{absorbed sound energy}}{\text{incident sound energy}} \quad (2.1)$$

Koefisien serapan ( $\alpha$ ) dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1. Nilai koefisien serapan 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serapan 1 menyatakan serapan yang sempurna (Mediastika, 2005).

## 2.11 Material Penyerap Suara

Material penyerap suara menyerap energi suara yang melewatinya membuatnya sangat berguna untuk mengontrol kebisingan. Terdapat beragam jenis material penyerap suara yang telah ada. Pada tahun 1970-an, masalah kesehatan masyarakat membantu menemukan material utama bahan penyerap suara berbasis asbes untuk serat sintetis baru. Meskipun serat ini lebih aman bagi kesehatan manusia namun dapat berakibat pada pemanasan global. Produksi bahan sintetis berkontribusi pada emisi karbon dioksida, metana dan nitro oksida yang nantinya berbahaya pula bagi kesehatan manusia. Maka mulailah bermunculan penelitian penyerap suara yang memanfaatkan serat alami. (Lord, 1987).



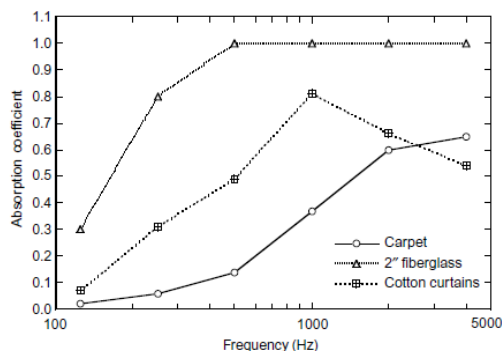
Material penyerap pada umumnya berpori (porous) dan berserat (fibrous). Besarnya penyerapan bunyi ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap dinyatakan dengan koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Kemampuan suatu material dalam menyerap bunyi sangat bervariasi. Selain itu kemampuan tersebut juga bergantung pada struktur dan massa jenis material.

Kualitas dari bahan penyerap suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap. Sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan (Khuriati, 2006)

Terdapat beberapa jenis material penyerap. Masing-masing jenis tersebut memiliki karakteristik yang sangat berbeda karena perbedaan mekanisme dalam penyerapan suara. Secara lengkap penjelasan material penyerap adalah sebagai berikut.

a. Penyerap Berpori

Bahan berpori menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara ini akan menyerap energi suara lebih besar pada frekuensi tinggi seperti pada **gambar 2.10** berikut

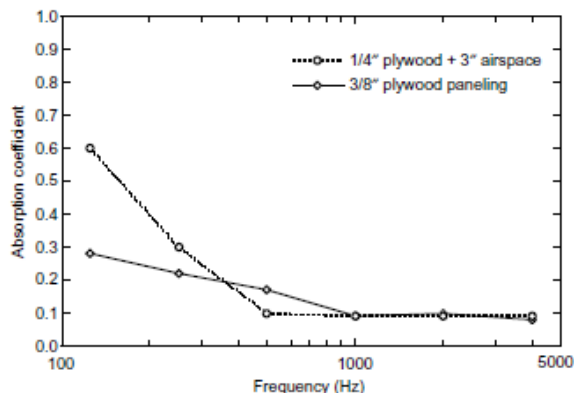


**Gambar 2.10** Kurva Zona Frekuensi Material Penyerap Berpori (Howard, 2009)



b. Penyerap resonant

Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe resonant ditunjukkan oleh **gambar 2.11** dibawah ini.



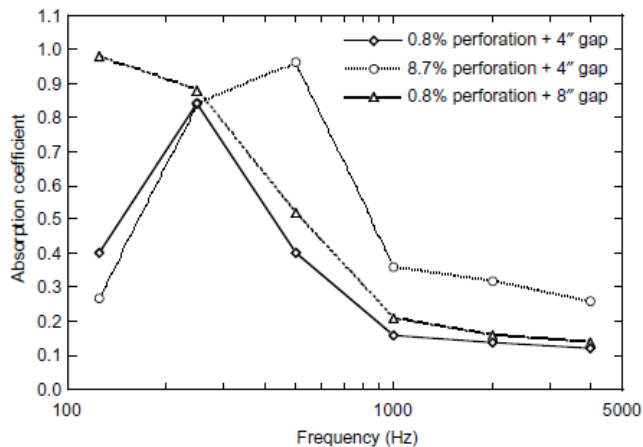
**Gambar 2.11** Zona Frekuensi Penyerap Resonant  
(Howard, 2009)

c. Penyerap Resonant Helmholtz

Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah apa yang disebut sebagai Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara



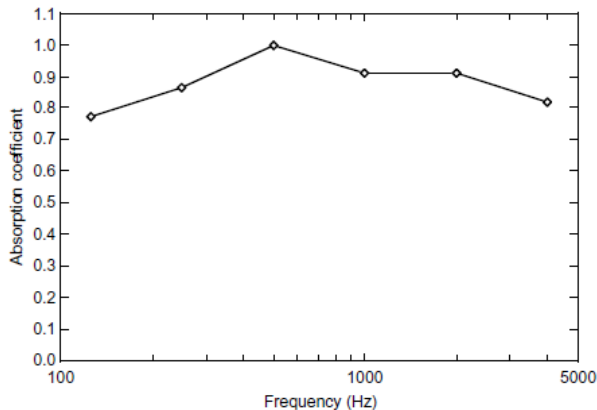
yang terperangkap di “pipa atau leher” diatas bidang berisi udara (bentukan seperti leher botol dsb). Permukaan berlobang menjadi ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher, dan volume ruang udaranya. Zona frekuensi tipe helmoltz ditunjukkan oleh **gambar 2.12** dibawah ini.



**Gambar 2.12** Zona Frekuensi Tipe Helmlotz (Howard, 2009)

d. Penyerap Wideband

Apabila diinginkan sebuah material yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh material besar untuk seluruh daerah frekuensi. Gambar 2.13 menunjukkan zona frekuensi penyerapan tipe Wideband.

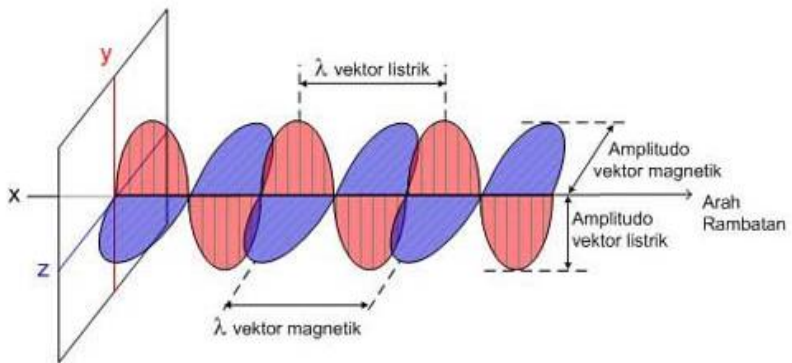


**Gambar 2.13** Zona Frekuensi Tipe Wideband (Howard dan Angus, 2009)

## 2.12 Material Penyerap Radar (*Radar Absorbing Material*)

Radar atau *Radio Detection and Ranging* merupakan suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor dan informasi cuaca. Ada tiga komponen utama yang tersusun di dalam sistem radar, yaitu antena, transmitter (pemancar sinyal) dan receiver (penerima sinyal). Prinsip kerja radar ialah transmitter melepaskan gelombang elektromagnetik sehingga mengenai sasaran. Kemudian gelombang dipantulkan kembali dan ditangkap oleh receiver. Gelombang elektromagnetik sendiri merupakan kombinasi antara medan listrik dan medan magnet yang merambat secara transversal dan tegak lurus terhadap arah rambatnya seperti pada **Gambar 2.14**





Keterangan :

 = Vektor listrik  = Vektor magnetik

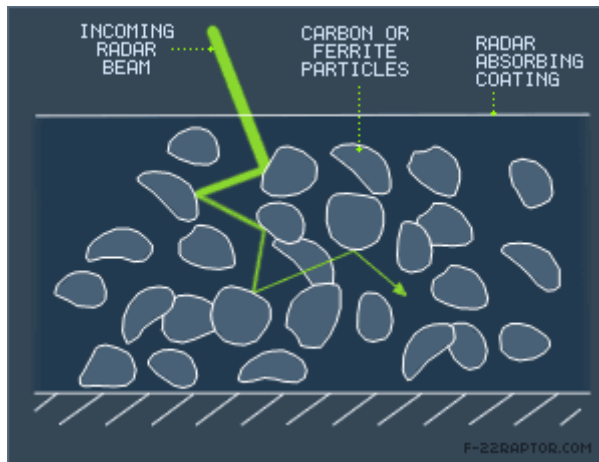
**Gambar 2.14** Gelombang elektromagnetik (Giwangkara, 2010)

Radar Absorbing Material (RAM) terdiri dari dua bahan yaitu dielektrik dan magnetik absorbers. Dielektrik absorber tergantung pada hilangnya ohmik energi yang dapat dicapai dengan memuat pengisi lossy seperti karbon, grafit, polimer konduksi atau partikel logam/bubuk ke dalam matriks polimer. Magnetic absorber tergantung pada kurva histeris magnetik yang diperoleh ketika partikel ferrite diisi ke dalam matriks polimer (Rezende, 2002). Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

Mekanisme terjadinya penyerapan pada *Radar Absorbing Material* (RAM) terjadi melalui dua mekanisme yaitu rugi listrik (*electrical loss*) dan rugi magnetik (*magnetic loss*). Ketika gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh radar mengenai lapisan material RAM, gelombang magnetik akan diserap oleh material magnetik (*magnetic loss*) melalui perputaran



dipol magnetik yang diakibatkan oleh medan magnet eksternalnya sehingga meningkatkan intensitas medan magnet internalnya, sedangkan gelombang listrik akan diserap oleh material dielektrik (electrical loss) melalui pergerakan dipol-dipol listrik dalam material tersebut, dimana dipol-dipol listrik ini akan terus berosilasi mengikuti arah medan listrik yang datang dan dari gerak osilasi tersebut akan menimbulkan energi panas sehingga terjadi konversi energi listrik menjadi energi termal yang kemudian ditransmisikan atau dikenal dengan proses disipasi energi seperti pada **Gambar 2.15**



**Gambar 2.15** Energi disipasi pada material RAM (Wilson, 2006)

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Telah banyak penelitian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Untuk mendapatkan sifat mekanik komposit yang baik, pada serat biasanya diberikan alkali treatment dengan cara direndam dengan larutan basa dengan waktu tertentu. Eriningsih (2009) mendapatkan hasil bahwa dengan perendaman serat rami akan mengakibatkan penurunan nilai  $\alpha$  akan tetapi meningkatkan

---

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA



sifat mekanik. Hal ini disebabkan karena dengan proses alkali akan menghilangkan kandungan gum pada serat yang terdiri dari lignin dan pektin, sehingga akan mengurangi jumlah void yang dihasilkan pada komposit. Besarnya fraksi void akan mempengaruhi sifat porositas, semakin tinggi fraksi void, maka akan menaikkan nilai  $\alpha$ . Maryanti, dkk (2011) mendapatkan hasil bahwa konsentrasi larutan alkali untuk mendapatkan hasil sifat mekanik yang maksimal pada komposit polyester/serat kelapa adalah sebesar 5%.

Menurut Hosta dan Deni (2015), *Silicone Rubber* telah berhasil dicuring menggunakan *curing catalyst* komersial Bluesil dan Benzoil Peroksida, Kekuatan tarik meningkat seiring penambahan curing catalyst 2-6%wt tetapi menurun jika penambahannya diteruskan hingga 10%wt. Kekuatan tekan karet silikon dengan penambahan curing agent (karet silikon - Benzoil peroksida) meningkat seiring penambahan komposisi. Morfologi karet silikon-benzoil peroksida berbentuk *polyghonal pores (not connected pores)*. *Silicone Rubber* dengan katalis bluesil 60R sebanyak 6%wt memiliki stabilitas termal yang sangat baik yaitu 466°C ( $T_{d5\%}$ ) dibandingkan dengan *Silicone Rubber* dengan katalis bluesil 60R sebanyak 10%wt dimana hanya memiliki stabilitas termal yang lebih rendah yaitu 450°C.

Menurut Farid dan Afira (2016), ukuran *filler* menyebabkan perubahan jumlah dan bentuk pori pada *Silicone Rubber*. Ukuran *filler* menyebabkan rata-rata nilai turun. Nilai  $\alpha$  tertinggi pada frekuensi 4000 Hz ada pada *Silicone Rubber* poros murni, yaitu sebesar 0,431. Penambahan fraksi berat merubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada *Silicone Rubber* poros murni. Semakin besar fraksi berat mikro selulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan penambahan *filler* nano selulosa akan menyebabkan penurunan nilai  $\alpha$  pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai  $\alpha$  tertinggi pada 6% berat dengan nilai  $\alpha$  pada frekuensi 4000 Hz sebesar 0,425.



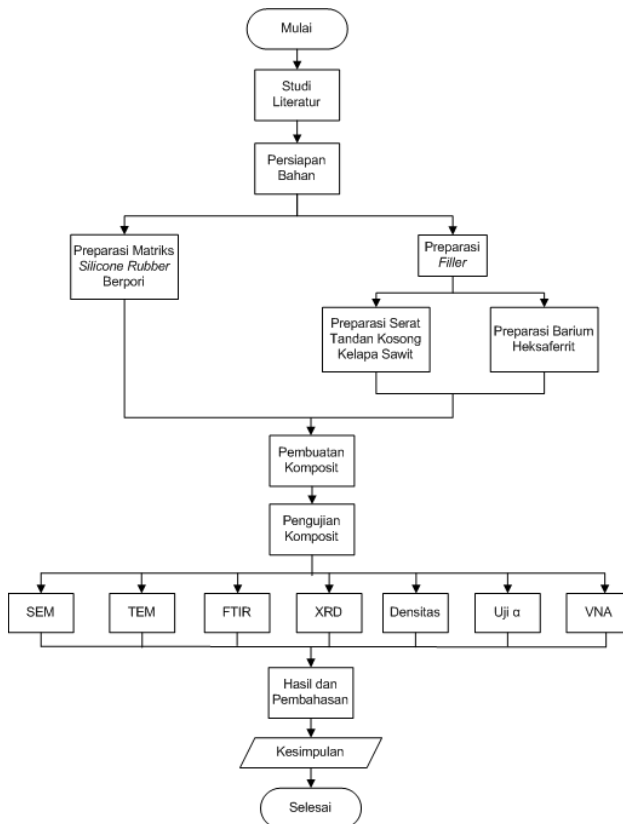
Menurut Farid dan Jonathan (2016), Ukuran filler menyebabkan perubahan morfologi pada komposit. Komposit berpenguat *microcellulose* mengalami pemecahan pori secara tidak merata dan komposit berpenguat *nanocellulose* mengalami penambahan pori. Selain itu, Saba *et al.* (2016) mendapatkan sifat mekanik yang baik untuk komposit epoksi berpenguat *nanofiller* dari serat kelapa sawit pada penambahan *nano filler* sebanyak 3%. Sifat mekanik yang didapat antara lain kekuatan tarik, elongasi, dan modulus elastisitas. Pada pengujian, diperoleh kekuatan tarik sebesar 29 MPa, elongasi 1,4%, dan modulus elastisitas sebesar 1,25 GPa.

Berdasarkan penelitian terdahulu, masih dibutuhkan bahan akustik yang lebih baik lagi sifatnya dan juga diperlukan pengembangan lebih lanjut. Dibanding dengan serat kelapa, serat kelapa sawit memiliki kadar *cellulose* yang lebih banyak. Kadar *cellulose* akan menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik pada komposit. Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis komposit *Silicone Rubber* berpenguat *nanocellulose* dari STKKS dan Barium Heksaferrit untuk kemudian dilakukan analisa pengaruh *nanocellulose* terhadap morfologi, nilai koefisien absorpsi suara, dan sifat penyerapan gelombang elektromagnetik.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Studi ini melakukan penelitian tentang material komposit dengan *Silicone Rubber* sebagai matriks dan nanoselulosa serat tandan kosong kelapa sawit dan barium heksaferrit sebagai filler untuk aplikasi penyerapan suara dan radar. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir dari penelitian.

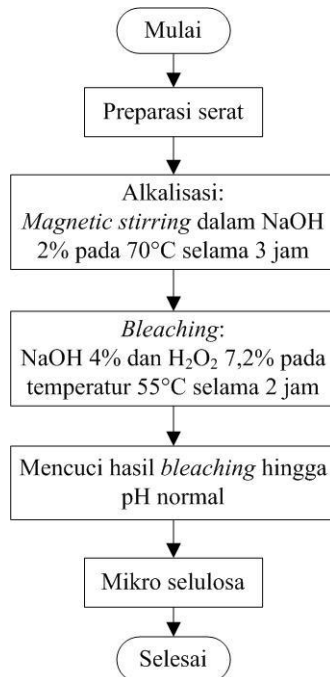


**Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan**



### 3.1.1 Diagram Alir Pembuatan *Filler* Mikro Selulosa

Serat yang telah dipreparasi kemudian diberi perlakuan alkalisasi dan *bleaching* untuk mendapatkan serat mikroselulosa. Pada gambar 3.2 menunjukkan diagram alir pada proses sintesis mikro selulosa dari serat TKKS.

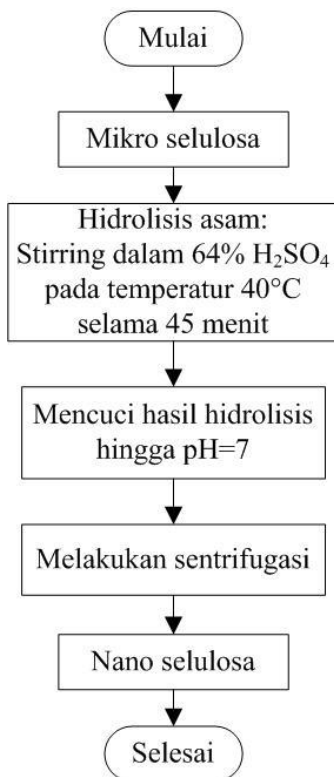


Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan *Filler* Mikro Selulosa



### 3.1.2 Diagram Alir Pembuatan *Filler* Nanoselulosa

Serat mikroselulosa diberi perlakuan hidrolisis asam agar bisa menjadi nanoselulosa. Gambar 3.3 berikut menunjukkan diagram alir proses sintesis nanoselulosa.

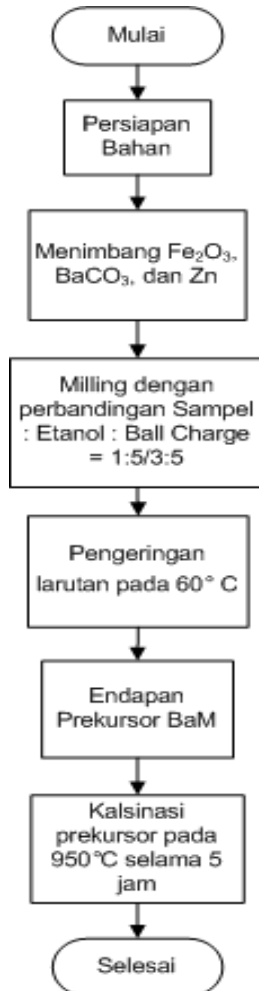


**Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan *Filler* Nanoselulosa**



### 3.1.3 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferrit

Pembuatan Barium Heksaferrit dilakukan dengan metode *solid state*. Diagram alir sintesis Barim Heksaferrit ditunjukkan oleh Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram Alir Sintesis Barium Heksaferrit





### 3.1.4 Diagram Alir Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit dilakukan dengan mencampurkan matriks *silicone rubber* dengan nanoselulosa dan barium heksaferrit. Diagram alir pembuatan komposit ditunjukkan oleh Gambar 3.5



**Gambar 3.5 Diagram Alir Pembuatan Komposit**



## 3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit  
Serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan bahan dasar dari nanoselulosa. Serat tandan kosong kelapa sawit ditunjukkan oleh gambar 3.6



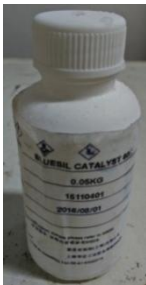
**Gambar 3.6** Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

2. Silicone Rubber RTV 585  
Silicone Rubber RTV 585 ditunjukkan oleh Gambar 3.7 yang didapat dari PT. Justus Kimia Raya.



**Gambar 3.7** Silicone Rubber RTV 585

3. Katalis Bluesil  
Bluesil ditunjukkan oleh Gambar 3.8 yang diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya



**Gambar 3.8** Katalis Bluesil

4.  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{H}_2\text{SO}_4$  digunakan untuk proses hidrolisis asam.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ditunjukkan oleh Gambar 3.9



**Gambar 3.9**  $\text{H}_2\text{SO}_4$

5.  $\text{NaOH}$   
 $\text{NaOH}$  digunakan untuk proses alkalisasi dan juga *bleaching*.  $\text{NaOH}$  ditunjukkan oleh Gambar 3.10



**Gambar 3.10**  $\text{NaOH}$



6.  $\text{H}_2\text{O}_2$   
 $\text{H}_2\text{O}_2$  digunakan untuk proses *bleaching*.  $\text{H}_2\text{O}_2$  ditunjukkan oleh Gambar 3.11



**Gambar 3.11  $\text{H}_2\text{O}_2$**

7.  $\text{NaCl}$   
 $\text{NaCl}$  digunakan sebagai *sacrificial filler* untuk membentuk struktur porous pada *silicone rubber*.  $\text{NaCl}$  ditunjukkan oleh Gambar 3.12



**Gambar 3.12  $\text{NaCl}$**

8. Heksana  
Heksana digunakan untuk mengurangi viskositas dari *silicone rubber*. Heksana yang didapatkan dari PT. Brataco ini ditunjukkan oleh Gambar 3.13



**Gambar 3.13 Heksana**



9. Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )

$\text{BaCO}_3$  merupakan bahan dalam sintesis Barium Heksaferrit.  $\text{BaCO}_3$  ditunjukkan oleh Gambar 3.14



**Gambar 3.14**  $\text{BaCO}_3$

10. Serbuk Besi (III) Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  merupakan bahan dalam sintesis Barium Heksaferrit.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ditunjukkan oleh Gambar 3.15



**Gambar 3.15**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

11. Serbuk Zn

Zn merupakan bahan dalam sintesis Barium Heksaferrit. Serbuk Zn ditunjukkan oleh Gambar 3.16



**Gambar 3.16** Serbuk Zn



### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Cetakan

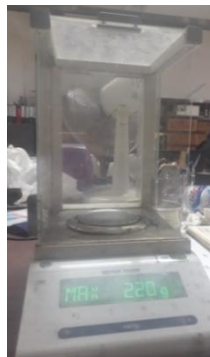
Gambar 3.17 menunjukkan cetakan yang digunakan untuk mencetak spesimen uji



**Gambar 3.17** Cetakan Spesimen Uji Absorpsi Suara

2. Timbangan Digital

Gambar 3.18 menunjukkan timbangan digital yang digunakan untuk mengukur massa matriks dan filler yang akan digunakan.



**Gambar 3.18** Timbangan Digital

3. Penggaris

Penggaris untuk mengukur dimensi spesimen

---

## BAB III METODOLOGI PERCOBAAN



4. *Cutter*

*Cutter* digunakan untuk melepaskan spesimen dari cetakan

5. Gelas Beaker

Gambar 3.19 menunjukkan gambar gelas beaker digunakan untuk mencampurkan larutan



**Gambar 3.19** Gelas Beaker

6. Spatula

Spatula digunakan untuk mengaduk larutan

7. Kertas Indikator pH

Gambar 3.20 menunjukkan gambar kertas indikator pH yang digunakan untuk mengukur kadar pH



**Gambar 3.20** Kertas Indikator pH

8. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan serat. Oven yang digunakan adalah milik Laboratorium Inovasi Material di Departemen Teknik Material FTI-ITS



9. Blender

Gambar 3.21 menunjukkan blender yang digunakan untuk menghaluskan serat tandan kosong kelapa sawit



**Gambar 3.21** Blender

10. Mesin Sieving

Mesin Sieving yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material milik Departemen Teknik Material FTI-ITS seperti pada Gambar 3.22



**Gambar 3.22** Alat Sieving

11. Magnetic Stirrer

Magnetic Stirrer yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Departemen Teknik Material FTI-ITS.

---

### **BAB III METODOLOGI PERCOBAAN**





12. Centrifuge

Centrifuge yang digunakan milik Laboratorium Limbah Padat dan B3 di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS seperti pada Gambar 3.23



**Gambar 3.23** Alat *Centrifuge*

13. *Planetary Ball Mill*

*Planetary Ball Mill* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material ITS seperti pada Gambar 3.24



**Gambar 3.24** *Planetary Ball Mill*

14. *Vacuum Furnace*

*Vacuum Furnace* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material Departemen Teknik Material ITS seperti pada Gambar 3.25



**Gambar 3.25** *Vacuum Furnace*

15. Alat Uji SEM

Alat uji SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material FTI ITS seperti pada Gambar 3.26



**Gambar 3.26** Alat Uji SEM

16. Alat Uji FTIR

Alat uji FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material FTI ITS seperti Gambar 3.27



**Gambar 3.27** Alat Uji FTIR



17. Alat Uji Absorpsi Suara

Alat uji koefisien absorpsi suara milik laboratorium di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS seperti pada Gambar 3.28



**Gambar 3.28** Alat Uji Absorpsi Suara

18. *Vector Network Analyser (VNA)*

Alat ini digunakan untuk mengukur penyerapan gelombang mikro. Alat uji VNA yang digunakan adalah milik Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung seperti pada Gambar 3.29



**Gambar 3.29** Alat Uji VNA

19. Alat Uji Densitas



Alat uji densitas yang digunakan menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan kawat (*sample holder*) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.30



**Gambar 3.30** Alat Uji Densitas

#### 20. Alat Uji TEM

Alat uji TEM yang digunakan adalah milik laboratorium TEM Departemen Kimia UGM



**Gambar 3.31** Alat Uji TEM

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan antara penambahan barium heksaferrit pada komposit *Silicone Rubber*/nanoselulosa TKKS dan tanpa

---

## BAB III METODOLOGI PERCOBAAN



penambahan barium heksaferrit pada komposit *Silicone Rubber/nanoselulosa* TKKS.

### **3.4 Metode Penelitian**

#### **3.4.1 Persiapan Bahan**

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

##### **3.4.1.1 Pengolahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit**

1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dijemur selama  $\pm 2$  hari
2. Serat dari TKKS diambil seperti Gambar 3.32 dan dibersihkan dari pengotor dengan air bersih



**Gambar 3.32** Proses Pengambilan Serat

3. Serat dikeringkan dalam oven dengan temperatur  $60^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam untuk mengurangi kadar air seperti pada Gambar 3.33



**Gambar 3.33** Proses Pengeringan Serat

4. Melakukan mechanical crushing dengan blender untuk memperkecil ukuran serat
5. Serat di-meshing untuk mendapatkan ukuran yang homogen sampai 112-224 mikron



**Gambar 3.34** Proses Sieving

6. Melakukan alkalisasi pada serat TKKS dengan NaOH 2% selama 3 jam pada 70°C menggunakan magnetic stirrer seperti pada Gambar 3.35



**Gambar 3.35** Proses Alkalisasi

7. Serat hasil dari proses alkalisasi dicuci dengan menggunakan aquades sampai pengotor pada permukaannya hilang.
8. Melakukan *bleaching* dengan NaOH 4% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 7.2% selama 2 jam pada 55°C seperti Gambar 3.36



**Gambar 3.36** Proses *Bleaching*

9. Mencuci serat hasil dari proses *bleaching* dengan menggunakan aquades hingga pH netral



10. Serat dihidrolisis dengan metode *waterbath* menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  64% pada temperatur  $40^\circ\text{C}$  selama 45 menit
11. Melarutkan air sebanyak 10 kali dari jumlah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  seperti Gambar 3.37



**Gambar 3.37** Proses Hidrolisis

12. Mencuci serat hasil hidrolisis hingga mencapai pH 7
13. Melakukan centrifuge pada 5000 rpm selama 15 menit



**Gambar 3.38** Proses Sentrifugasi

14. Nanoselulosa ditimbang sesuai dengan perhitungan.





**Gambar 3.39** Nanoselulosa

#### **3.4.1.2. Pembuatan *Silicone Rubber***

1. Mencampurkan silicone rubber, hexane dan NaCl sesuai rasio yang ditentukan.
2. Menambahkan katalis sebanyak 2%
3. Melakukan pengadukan
4. Memanaskan pada 30°C selama 1 jam untuk menguapkan hexane.
5. Membiarkan hingga *curing*.
6. Merendam hasilnya pada air hangat untuk melarutkan NaCl
7. Melakukan *drying* pada 100°C untuk menghilangkan sisa air.

#### **3.4.1.3. Sintesis Barium Heksaferit**

1. Serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dicampurkan dengan  $\text{BaCO}_3$  dan ditambahkan dengan serbuk Zn sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam jar milling seperti Gambar 3.40



**Gambar 3.40** Pencampuran Bahan Barium Heksaferit

2. Dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sampel : alkohol : *ball charge* adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) 30 menit.
3. Larutan wet milling yang terbentuk dikeringkan pada temperatur 60°C dan didapatkan serbuk prekursor BaM.



**Gambar 3.41** Prekursor BaM

4. Prekursor BaM kemudian dikalkinasi pada temperatur 950°C selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BaM.



**Gambar 3.42** BaM yang Sudah Dikalsinasi

#### **3.4.1.4 Pembuatan Komposit**

1. Menimbang massa silicone rubber, heksana, dan NaCl sesuai rasio yang telah ditentukan
2. Menimbang massa serat sesuai dengan fraksi yang telah ditentukan
3. Serat yang telah ditimbang lalu dimasukkan ke dalam campuran silicone rubber, hexane, dan NaCl sesuai dengan rasio yang telah ditentukan, kemudian diaduk hingga homogen
4. Menambahkan katalis sebanyak 2%
5. Memanaskan pada 30°C selama 1 jam untuk menguapkan heksana.
6. Membiarkan hingga *curing*.
7. Merendam hasilnya pada air hangat untuk melarutkan NaCl
8. Melakukan *drying* pada 100°C untuk menghilangkan sisa air.
9. Spesimen dikeluarkan dari cetakan
10. Spesimen disesuaikan dimensinya dengan standar pengujian.

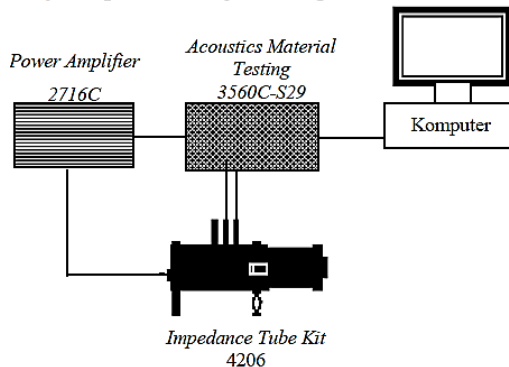
#### **3.4.2. Proses Pengujian**

##### **3.4.2.1. Pengujian Koefisien Absorpsi Suara**

Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien absorpsi suara adalah tabung impedansi dengan standarisasi



menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100 mm dan tinggi 10 mm. Gambar 3.43 menunjukkan rangkaian alat tabung impedansi untuk mengukur uji penyerapan suara



**Gambar 3.43** Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara

Rangkaian alat terdiri dari:

1. *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
2. *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
3. *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
4. *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian

Pengujian absorpsi suara adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dari harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0 maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1 maka 100 % bunyi yang datang

---

### BAB III METODOLOGI PERCOBAAN



diserap oleh material tersebut. Prinsip pengujian koefisien absorbsi suara adalah specimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.

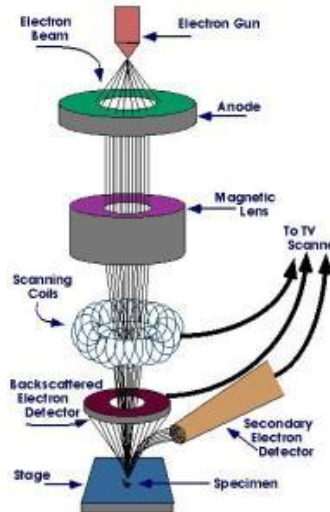
Untuk pengujian absorpsi suara, specimen dibuat dengan menggunakan cetakan dengan ukuran diameter 10cm dan tebal 1cm. Specimen yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.44



**Gambar 3.44** Spesimen Uji Absorpsi Suara

#### **3.4.2.2. Pengujian SEM**

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menggunakan alat FEI INSPECT S50 dengan tegangan 10.000 kV di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen teknik material FTI-ITS Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E986.



**Gambar 3.45** Prinsip Kerja SEM (Zhou, 2000)



**Gambar 3.46** Spesimen Uji SEM

### 3.4.2.3 Pengujian Densitas

Pengujian ini dilakukan dengan perhitungan massa spesimen dalam udara dan dalam air masing-masing spesimen komposit menggunakan standar pengujian ASTM D792. Spesimen ditimbang di udara kemudian ditimbang ketika direndam dalam air pada temperatur ruangan dengan menggunakan pemberat dan kawat untuk menahan spesimen

## BAB III METODOLOGI PERCOBAAN

benar-benar tenggelam sebagaimana dibutuhkan seperti Gambar 3.47



**Gambar 3.47** Pengujian Densitas

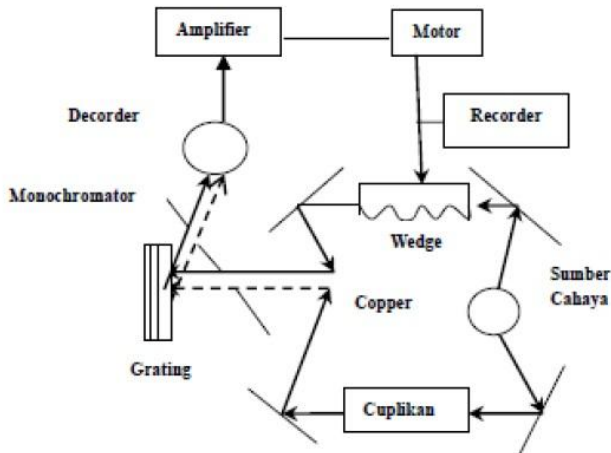
#### **3.4.2.4 Pengujian FTIR**

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. pada tandan kosong kelapa sawit. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari filler tandan kosong kelapa sawit serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai.

Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati *chopper*. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh *rekorder*. Selanjutnya diperlukan ampliflier bila



sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.48



**Gambar 3.48** Skema Uji FTIR (Zhou, 2000)

### 3.4.2.5 Pengujian TEM

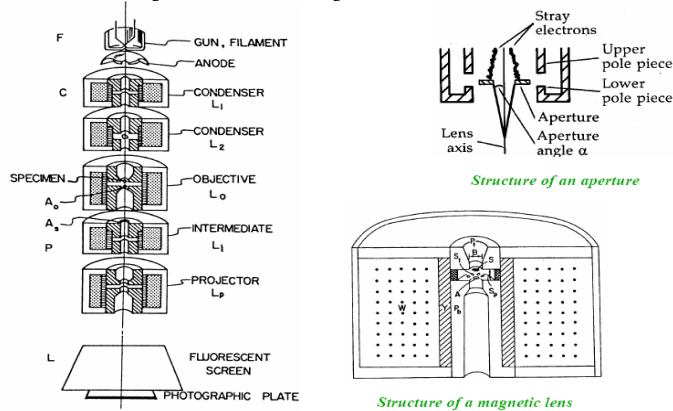
Pengujian TEM memiliki fungsi untuk menganalisis morfologi, struktur kristal, dan komposisi spesimen. TEM menyediakan resolusi lebih tinggi dibandingkan SEM, dan dapat memudahkan analisis ukuran atom (dalam jangkauan nanometer). Prinsip kerja TEM dimulai dari sumber emisi (pistol elektron), kemudian menghubungkan pistol ini dengan sumber tegangan tinggi (biasanya ~ 100-300 kV) pistol akan mulai memancarkan elektron baik dengan termionik maupun emisi medan elektron ke sistem vakum. Interaksi elektron dengan medan magnet akan menyebabkan elektron bergerak sesuai dengan aturan tangan kanan, sehingga memungkinkan elektromagnet untuk memanipulasi berkas elektron. Penggunaan medan magnet akan membentuk sebuah lensa magnetik dengan kekuatan fokus variabel yang baik. Selain itu, medan elektrostatik dapat menyebabkan elektron didefleksikan melalui sudut yang konstan. Dua pasang defleksi yang berlawanan arah dengan intermediete

## BAB III METODOLOGI PERCOBAAN





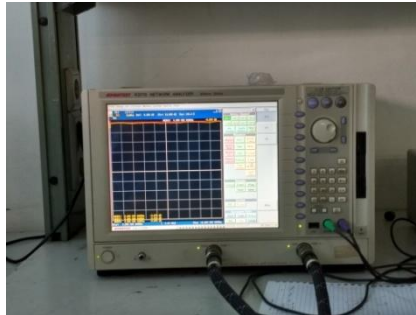
gap akan membentuk arah elektron yang menuju lensa. Biasanya TEM terdiri dari tiga tahap lensing. Tiga tahapan itu adalah lensa kondensor, lensa objektif, dan lensa proyektor. Lensa kondensor bertanggung jawab untuk pembentukan balok primer, sedangkan fokus lensa objektif datang melalui sampel itu sendiri. Lensa proyektor digunakan untuk memperluas sinar ke layar fosfor atau perangkat pencitraan lain, seperti film. Pembesaran TEM berasal dari rasio jarak antara spesimen dan lensa objektif. Gambar 3.49 dibawah ini menunjukkan cara kerja TEM.



**Gambar 3.49** *Transmission Electron Microscope* (Tri Wahyuni, 2011)

#### 3.4.2.6 Pengujian *Vector Network Analyzer* (VNA)

Pengujian ini digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10MHz sampai 110 GHz. Pengukuran VNA dilakukan di laboratorium Puspitek Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Bandung dengan gambar alat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.50.



**Gambar 3.50** Alat Uji VNA

Pada percobaan ini rentang frekuensi yang digunakan di kawasan X-band yaitu 8-12 GHz. Mekanisme pengambilan data VNA adalah dengan cara menembakkan gelombang elektromagnetik dengan alat pembangkit gelombang dengan range frekuensi X-Band melalui waveguide kemudian gelombang tersebut diteruskan dan diinterpretasikan oleh VNA sehingga diperoleh data berupa grafik. Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal ( $S_{11}$ ) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal ( $S_{21}$ ) (Nuraini, 2015).

Berikut langkah-langkah pada pengujian VNA (National Instruments, 2012)

1. Menyiapkan material komposit yang telah dilapiskan pada pelat baja dengan ukuran  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  dan ketebalan 4-6 mm
2. Melakukan preset jaringan analyzer dan sampel yang akan diuji.
3. Mengatur parameter sumber, termasuk frekuensi, daya dan format tampilan.
4. Kalibrasi manual atau menggunakan kalibrasi otomatis.
5. Meletakkan sampel di atas adaptor VNA (ukuran lubang  $1 \times 2 \text{ cm}^2$ ).

6. Melakukan pengukuran rugi refleksi ( $R_L$ ) pada sampel dengan menggunakan jaringan analyzer ADV ANTEST R3770 dalam rentang frekuensi X-Band 8-12 GHz.

Hasil yang diperoleh berupa grafik perbandingan frekuensi X-Band 8-12 GHz terhadap data  $S_{11}$  sebagai rugi refleksi (dB).



**Gambar 3.51** Spesimen Uji VNA

#### **3.4.2.7 Pengujian X-Ray Diffractometer (XRD)**

Pengamatan dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengidentifikasi unsur atau senyawa yang terbentuk, penentuan komposisi, penentuan struktur kristal, dan lain-lain. Data hasil pengujian ini berupa grafik puncak intensitas terhadap sudut 2 theta ( $2\theta$ ).

Tahapan untuk melakukan pengujian ini sebagai berikut :

1. Serbuk sampel diletakkan pada holder, dan ditekan agar kompak. Supaya penembakan dengan XRD sesuai dengan yang diharapkan, oleh karena itu preparasi spesimen harus memiliki permukaan rata pada holder.
2. Holder diletakkan ke dalam mesin XRD. Setting pengukuran sudut dilakukan dengan rentang 20-80°.
3. Data tampil pada layar komputer berupa grafik horizontal dengan puncak-puncak grafik pada sudut tertentu.

Ukuran kristal dapat dihitung dengan menggunakan hasil XRD menggunakan persamaan Scherrer, sebagai berikut:

$$d = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$



Dimana  $\lambda$  merupakan panjang gelombang (1,54 Å) yang digunakan saat pengujian XRD,  $\beta$  merupakan setengah lebar dari puncak tertinggi (FWHM) pada hasil grafik XRD,  $\theta$  adalah sudut Bragg, dan K merupakan konstantas K, untuk heksaferrit adalah 0,89.

### 3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Tabel 3.1 di bawah ini

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No	Spesimen Uji	Pengujian					
		SEM	FTIR	TEM	Densitas	Uji Alpha	VNA
1	<i>Silicone Rubber Berporos</i>	V	V	-	V	V	-
2	Serat TKKS Hasil alkalisasi	V	V	-	-	-	-
3	Serat TKKS hasil <i>bleaching</i>	V	V	-	-	-	-
4	Serat nano selulosa TKKS	V	V	V	-	-	-
5	<i>Silicone Rubber</i> + 6% nano selulosa TKKS	V	-	-	V	V	V
6	<i>Silicone Rubber</i> + 6% Serat nano selulosa TKKS + 10% BaM	V	-	-	V	V	V

TKKS = Tandan Kosong Kelapa Sawit ; BaM = Barium Heksaferrit

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Preparasi Komposit

Gambar 4.1 merupakan hasil preparasi spesimen yang diamati secara visual.



**Gambar 4.1** Hasil Preparasi Komposit

Spesimen paling kiri merupakan *silicone rubber* berpori murni, yang mana terlihat bahwa SR berpori ini berwarna putih bersih. Spesimen yang tengah adalah komposit SR Berpori dengan *filler* nanoselulosa 6% yang memiliki warna putih sedikit kekuningan karena adanya penambahan *filler*. Spesimen paling kanan adalah komposit SR Berpori dengan *filler* nanoselulosa 6% dan Barium Heksaferrit 10% yang memiliki warna coklat kehitaman karena penambahan Barium Heksaferrit.

### 4.2 Analisis Morfologi

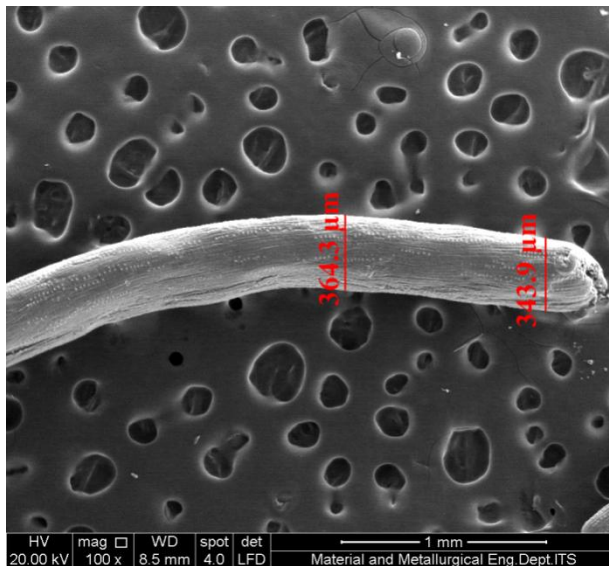
Pengamatan secara morfologi dilakukan dengan menggunakan *Transmission Electron Microscope* (TEM) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Gambar 4.2 menunjukkan hasil uji SEM pada serat TKKS dengan berbagai perlakuan yaitu *washed*, alkali, *bleaching*, dan hidrolisis.

Pada Gambar 4.2 menunjukkan serat TKKS yang hanya dicuci dengan air biasa yang mana serat berukuran cukup besar dengan ukuran diameter sekitar 343-365  $\mu\text{m}$ . Morfologi tersebut

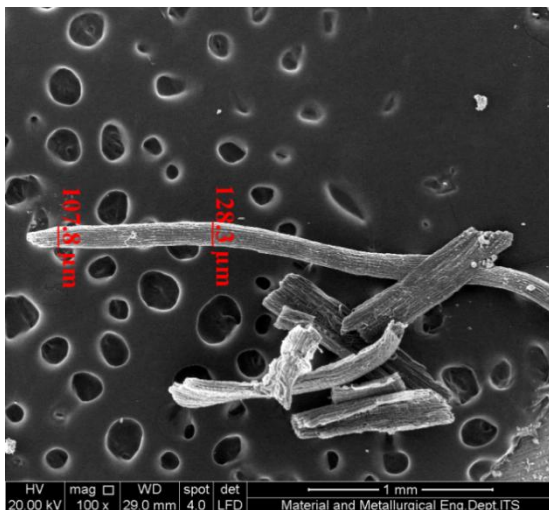


dikarenakan masih adanya kandungan lapisan lilin, substansi lemak, dan pengotor pada serat (Rout, 2001).

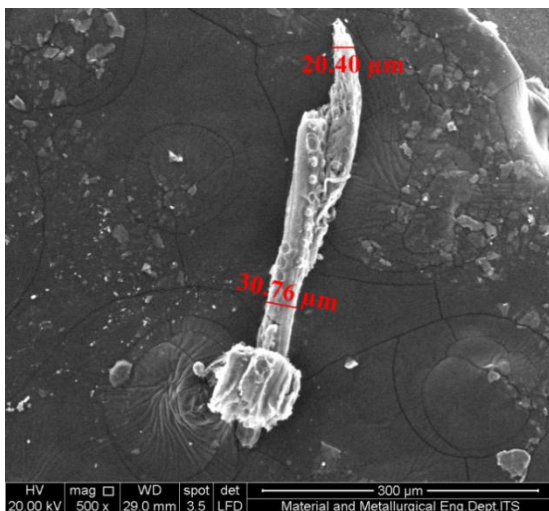
Pada Gambar 4.3 adalah serat TKKS yang telah diberi perlakuan alkalisasi dengan NaOH 2%. Pada proses alkalisasi, lignin pada permukaan menghilang karena interaksinya dengan sodium (Norul Izani, 2012). Hal ini menyebabkan diameter serat berkurang menjadi sekitar 107-129  $\mu\text{m}$ .



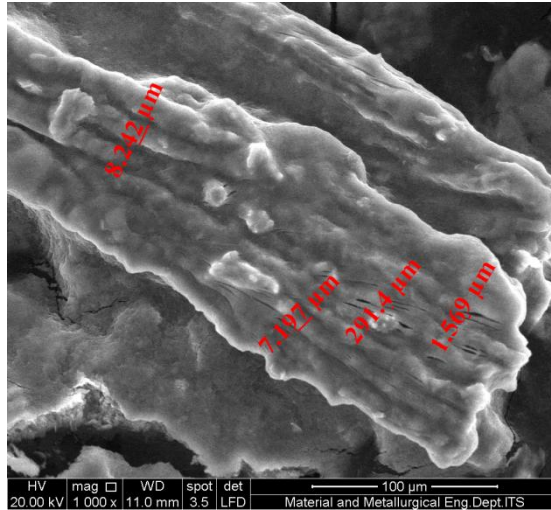
**Gambar 4.2** Hasil SEM Serat TKKS *Washed* (Muthia, 2017)



**Gambar 4.3** Hasil SEM Serat TKKS dengan Perlakuan Alkalisasi



**Gambar 4.4** Hasil SEM Serat TKKS dengan Perlakuan Bleaching (Samuel, 2017)

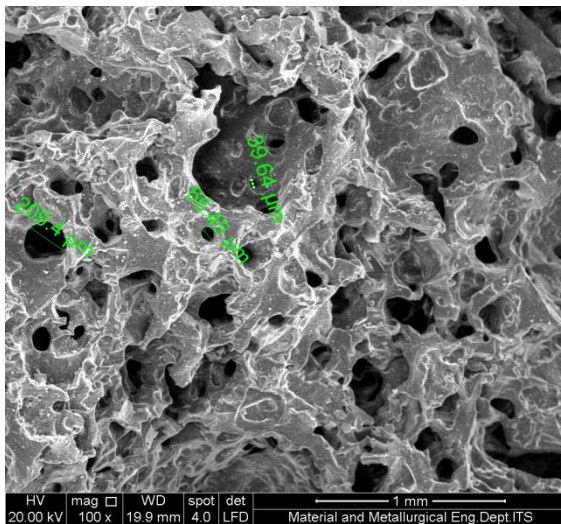


**Gambar 4.5** Hasil SEM Serat dengan Perlakuan Hidrolisis  
(Henry, 2017)

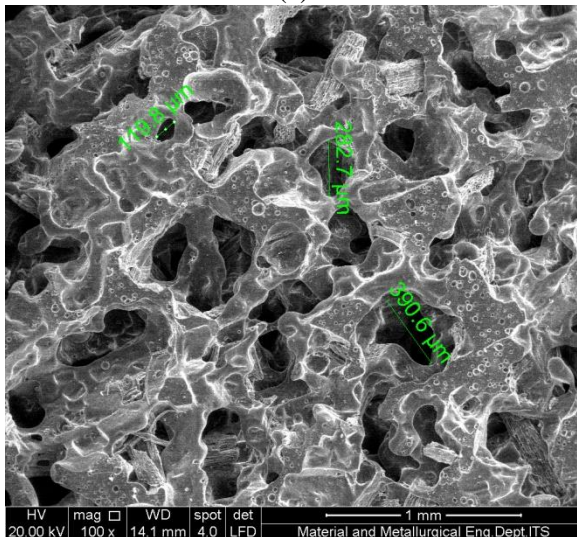
Gambar 4.4 terlihat bahwa ukuran diameter serat makin kecil menjadi sekitar 8 – 10  $\mu\text{m}$ . Hal ini karena adanya proses *bleaching* dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan  $\text{NaOH}$  yang bertujuan menghilangkan lignin sisa dari proses alkalisasi.

Sedangkan pada Gambar 4.5 menunjukkan serat yang sudah dihidrolisis menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  64%. Terlihat bahwa ukuran serat menjadi sekitar 290 nm dan terjadi aglomerasi atau penggumpalan pada serat. Hal ini karena proses hidrolisis memecah selulosa dan serat yang terdiri dari serat tunggal akan melekat bersama (Mondragon, 2014).

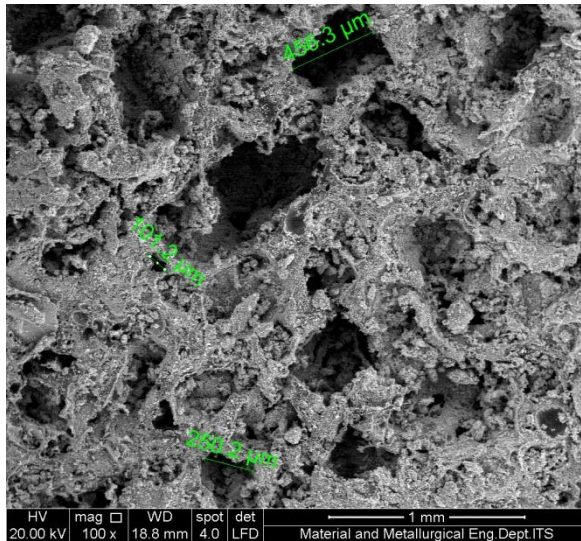




(a)



(b)



(c)

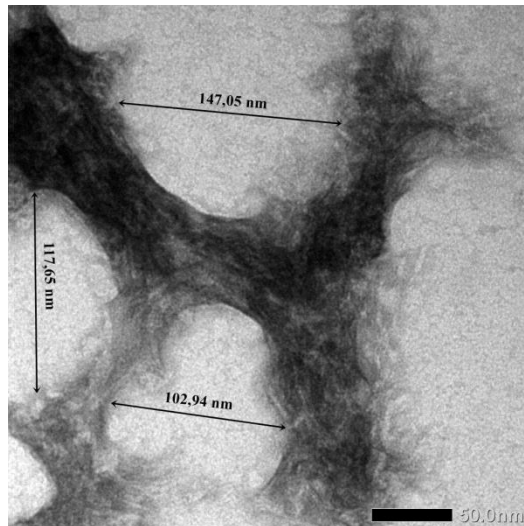
**Gambar 4.6** Pengaruh Penambahan Filler terhadap Morfologi Hasil SEM Komposit (a) SR Berpori, (b) SR + 6% TKKS, (c) SR+6% TKKS+10% BaM

Gambar 4.6 menunjukkan pengaruh penambahan *filler* terhadap morfologi hasil SEM komposit. Gambar 4.6 (a) menunjukkan hasil SEM dari *silicone rubber* berpori murni. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pori yang terbentuk cenderung teratur dan berukuran sekitar 39 – 200 µm. Penambahan filler mengakibatkan pori menjadi tidak beraturan. Hal ini dikarenakan penambahan filler menyebabkan pori terdeformasi (Chen, 2012).

Gambar 4.6 (b) menunjukkan hasil SEM komposit *silicone rubber* dengan penambahan 6% nanoselulosa. Penambahan 6% nanoselulosa menyebabkan ukuran pori berubah menjadi lebih besar dan jumlah pori terlihat lebih banyak. Sedangkan untuk Gambar 4.6 (c) menunjukkan hasil SEM komposit *silicone rubber* dengan penambahan 6% nanoselulosa dan 10% BaM. Penambahan 6% nanoselulosa dan 10% BaM menyebabkan

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

ukuran pori menjadi semakin besar dan bentuk pori menjadi tidak beraturan. Hal ini dikarenakan penambahan *filler* akan menyebabkan bertambahnya jumlah pori dan juga mengubah bentuk dan ukuran pori tersebut (Svagan, 2009).



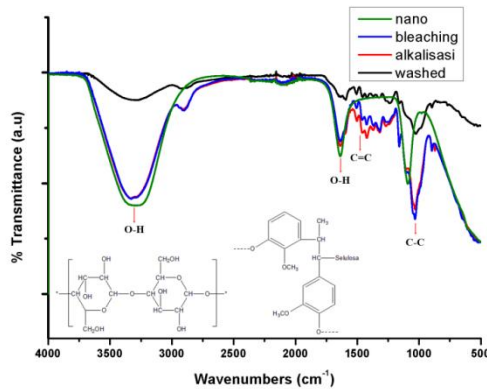
**Gambar 4.7** Hasil Uji TEM Nanoselulosa dengan Perbesaran 80000x

Gambar 4.7 menunjukkan hasil uji TEM nanoselulosa dengan perbesaran 80000x. Dari Gambar 4.7 tersebut terlihat ukuran serat telah berada pada skala nano dengan ukuran sekitar 100-150 nm dan juga terlihat bahwa serat mengalami aglomerasi atau penggumpalan. Penggumpalan ini terjadi karena proses hidrolisis asam yang telah memecah fiber selulosa dari ukuran mikro menjadi nano. Masing-masing serat terdiri dari serat tunggal yang melekat bersama dan akhirnya membentuk aglomerasi (Mondragon, 2014). Dari Gambar 4.7 dapat dikatakan bahwa proses hidrolisis asam telah berhasil membuat selulosa menjadi berukuran nano.



### 4.3 Analisis FTIR

Komponen utama dari serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah senyawa lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian FTIR dari serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan berbagai perlakuan.



**Gambar 4.8** Hasil Uji FTIR TKKS dengan Berbagai Perlakuan  
(Axel, 2017)

Dari Gambar 4.8 terlihat bahwa terdapat 4 perlakuan yang dilakukan pada serat TKKS, yaitu TKKS yang hanya dicuci dengan air biasa (*washed*) yang ditunjukkan dengan kurva berwarna hitam, TKKS yang dialkalisasi yang ditunjukkan dengan kurva berwarna merah, TKKS yang di-*bleaching* yang ditunjukkan dengan kurva berwarna biru, dan yang terakhir TKKS yang dihidrolisis yang ditunjukkan dengan kurva berwarna hijau. Pada Gambar 4.8 juga menunjukkan ada beberapa perbedaan yang muncul di setiap perlakuan pada serat, yaitu dengan bertambah atau hilangnya beberapa ikatan pada daerah serapan tertentu. Daerah serapan yang dihasilkan serat TKKS dengan berbagai macam perlakuan ditunjukkan pada Tabel 4.1

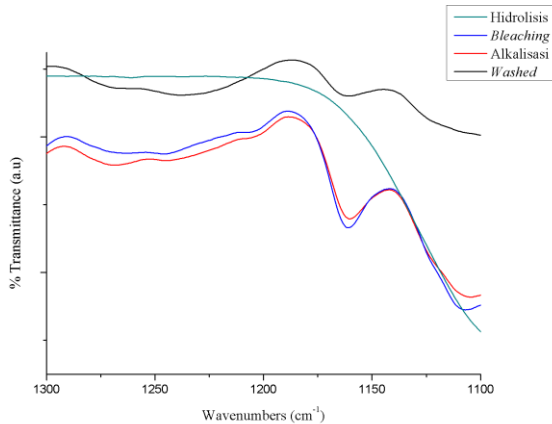


**Tabel 4.1** Daerah Serapan IR Serat TKKS (Axel, 2017)

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )				
<i>Washed</i>	<i>Alkali</i>	<i>Bleached</i>	<i>Hidrolisis</i>	<b>Ikatan dan Gugus Fungsi</b>
3289.17	3329.91	3327.67	3288.08	O-H stretching
2918.57	-	-	-	C-H stretching
1593.05	1636.99	1636.74	1636.43	O-H bending
1505.68	-	-	-	C=C stretching cincin aromatik
1455.69	-	-	-	C-H deformasi
1421.92	1421.14	1424.26	-	$\text{CH}_2$ deformasi
1325.15	1316.95	1317.16	-	O-H deformasi
1238.51	-	-	-	C=C vibrasi cincin aromatik
-	1160.2	1160.57	-	C-O stretching
1026.82	1032.71	1032.75	1087.92	C-C stretching
895.8	-	896.33	-	C-H deformasi

Pada daerah serapan antara  $3100\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan O-H stretching. Kemudian pada peak sekitar  $2900\text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus C-H stretching. Pada peak sekitar  $1590\text{-}1640\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan O-H bending yang disebabkan karena adanya penyerapan air oleh selulosa (Ireana, 2014).

Adanya lignin identik dengan munculnya ikatan C=C cincin aromatik pada daerah serapan sekitar  $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ . Terlihat bahwa ikatan tersebut tidak muncul pada alkalisasi, *bleaching*, maupun hidrolisis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9. Hal ini berarti sudah hilangnya kandungan lignin pada serat karena perlakuan dengan NaOH pada alkalisasi dan *bleaching* menghilangkan kandungan lignin (E. Abraham, 2011).



**Gambar 4.9** Transmittansi ikatan C=C

Selanjutnya untuk ikatan C-O yang mengalami peregangan didapat pada daerah serapan sekitar  $1161\text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak sekitar  $1027\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C-C yang mengalami peregangan. Puncak pada daerah serapan sekitar  $896\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan C-H deformasi. Ikatan C-H ini disebut ikatan  $\beta$ -glukosida dalam gula (Shanmugarajah, 2015). Pada perlakuan hidrolisis, terdapat empat daerah serapan yaitu  $3288.08\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan O-H stretching,  $1636.43\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan O-H bending,  $1087.92\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan C-C stretching.

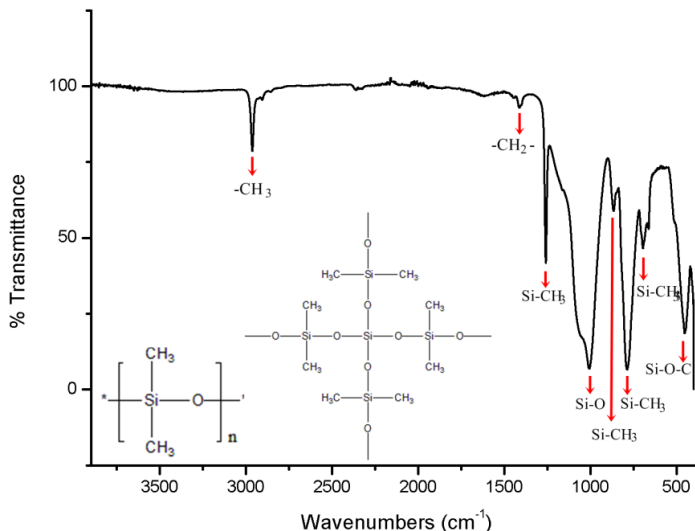
Semakin banyak perlakuan pada *filler*, menyebabkan meningkatnya konsentrasi dan menghilangnya beberapa ikatan. Seperti pada proses alkalisasi, NaOH akan bereaksi dengan gugus hidroksil sehingga akan mengurangi ikatan hidrogen. Hal ini juga akan mengakibatkan meningkatnya konsentrasi -OH jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan (Lojewska, 2005).

Bertambahnya konsentrasi ikatan O-H dan tidak munculnya beberapa gugus fungsi pada tiap proses perlakuan dikarenakan terjadinya reaksi akibat penambahan zat-zat kimia seperti NaOH,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan juga  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN



Selanjutnya dilakukan pengujian FTIR pada *silicone rubber* berpori yang mana hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Hasil Uji FTIR *Silicone Rubber* Berpori

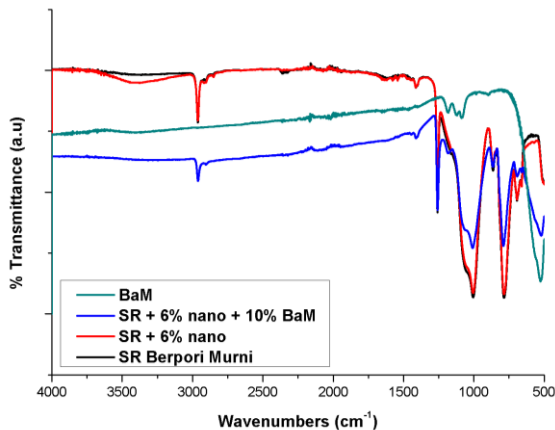
Dilihat dari Tabel 4.2, terdapat adanya gugus alifatik –  $\text{CH}_3$  pada puncak  $2960.65 \text{ cm}^{-1}$ . Terdapat pula gugus silikon organik  $\text{Si-CH}_3$  yang mengalami vibrasi pada puncak  $1258.02 \text{ cm}^{-1}$ ,  $864.02 \text{ cm}^{-1}$ ,  $785.41 \text{ cm}^{-1}$  dan  $694.34 \text{ cm}^{-1}$ . Pada puncak  $1006.13 \text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus Siloksan  $\text{Si-O}$  yang mengalami  $\text{Si-C}$  stretching. Dan pada puncak  $451.93 \text{ cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus silikon organik  $\text{Si-O-C}$  yang mengalami deformasi vibrasi. *Silicone rubber* dengan *two-part systems* memiliki jenis *crosslink* dengan rantai utama  $\sim\text{O-Si-OSi}(\text{CH}_3)_2\sim$  dan menghasilkan *byproduct* berupa alkohol ( $\text{R'OH}$ ) (Andre, 2005)



**Tabel 4.2.** Daerah Serapan Infra Merah *Silicone Rubber* Berpori

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan	Gugus Fungsi	Jenis Gugus Fungsi
2960.65	$-\text{CH}_3$	Alifatik	-
1258.02	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
1006.13	$\text{Si}-\text{O}$	Siloksan	$\text{Si}-\text{C}$ Stretching
864.02	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
785.41	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
694.34	$\text{Si}-\text{CH}_3$	Silikon Organik	Vibrasi
451.93	$\text{Si}-\text{O}-\text{C}$	Silikon Organik	Deformasi Vibrasi

Hasil perbandingan uji FTIR untuk SR berpori murni, SR Berpori + 6% TKKS dan SR Berpori + 6% TKKS + 10% BaM ditunjukkan oleh Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Pengaruh Penambahan *filler* terhadap Hasil Uji FTIR Komposit

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN





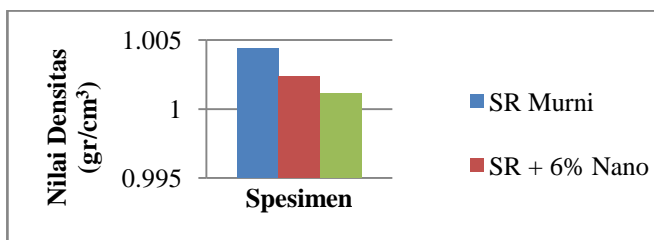
Pada Gambar 4.11 tidak terlihat adanya perbedaan puncak yang signifikan antara SR berpori murni dengan SR + 6% nano. Sedangkan pada SR + 6% nano + 10% BaM terdapat sedikit perbedaan yaitu pada puncak  $521.21 \text{ cm}^{-1}$  yang mana merupakan karakteristik absorbsi ikatan regangan M-O yang mengkonfirmasi terbentuknya Barium Heksaferrit (Xu, 2014). Namun secara keseluruhan puncak yang muncul pada ketiga spesimen sama, hanya terlihat adanya sedikit pergeseran transmitasi dari daerah serapan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara SR dan nanoselulosa ataupun BaM.

#### 4.4 Hasil Pengujian Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa spesimen di udara dan spesimen di dalam air dengan dimensi  $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}$ . Pengaruh penambahan filler pada komposit *Silicone Rubber Berpori* terhadap densitas komposit ditunjukkan oleh Tabel 4.3 dan Gambar 4.12

**Tabel 4.3** Pengaruh Penambahan *Filler* terhadap Densitas Komposit

Spesimen	Densitas ( $\text{gr/cm}^3$ )
SR Berpori	1.004391
SR + 6% TKKS	1.002372
SR + 6% TKKS + 10% BaM	1.001139



**Gambar 4.12** Pengaruh Penambahan *Filler* terhadap Nilai Densitas Komposit



Dari Tabel 4.3 dan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan filler maka massa jenis dari komposit akan semakin menurun. Pada SR Berpori murni memiliki nilai densitas paling tinggi dibandingkan dengan SR Berpori + 6% nanoselulosa dan SR Berpori + 6% nanoselulosa + 10% BaM. Hal ini berkaitan dengan % porositas masing-masing spesimen yang didapatkan dengan menggunakan *software ImageJ* yang nilainya ditunjukkan pada Tabel 4.4

**Tabel 4.4** Nilai % Porositas

Spesimen	% Porositas
SR Murni	17.773
SR + 6% TKKS	27.142
SR + 6% TKKS + 10% BaM	29.198

Semakin kecil nilai densitas maka % porositas akan semakin besar (Zulfia, 2006). Hubungan antara nilai densitas dengan porositas berbanding terbalik. Porositas yang semakin kecil menyatakan struktur sampel lebih padat sehingga memiliki densitas yang lebih besar (Luci, 2016). Porositas meningkat seiring dengan penambahan filler seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.4. Hal ini ditunjukkan karena nanoselulosa memiliki kemampuan untuk menambah pori dengan penyebaran yang merata (Svagan, 2009). Sehingga bertambahnya pori yang disebabkan oleh penambahan fraksi filler membuat pori semakin banyak dan densitas berkurang.

#### 4.5 Analisis Koefisien Absorpsi Suara

Pengujian absorpsi suara dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap suara yang datang. Jika nilai  $\alpha$  semakin mendekati 1 maka sifat material dalam menyerap bunyi akan semakin baik. Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian absorpsi suara pada komposit *silicone rubber* berpori berpenguat nanoselulosa dan BaM. Nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi tiap spesimen berbeda-beda. Hal ini dikarenakan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

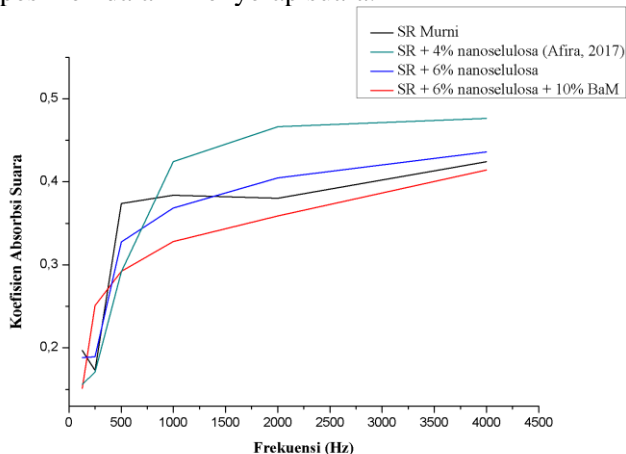


perbedaan komposisi yang menyebabkan perbedaan kerapatan atau ketidakhomogenan spesimen (Yusuf, 2016).

**Tabel 4.5** Nilai Koefisien Absorpsi Suara SR/Nano  
Selulosa/BaM

Frekuensi (Hz)	SR Murni	SR + 4% TKKS (Afira, 2017)	SR + 6% TKKS	SR + 6% TKKS + 10% BaM
125	0.197	0,175	0.1882	0.1562
250	0.1731	0,268	0.1894	0.1705
500	0.3737	0,252	0.3274	0.2918
1000	0.3837	0,352	0.3682	0.4242
2000	0.3804	0,395	0.4045	0.4664
4000	0.4243	0,425	0.4358	0.4762

Gambar 4.13 menunjukkan masing-masing kemampuan dari ketiga spesimen dalam menyerap suara.



**Gambar 4.13** Hasil Uji Koefisien Absorpsi Suara

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa adanya perbedaan komposisi jenis filler menyebabkan nilai  $\alpha$  yang berbeda. Akan



tetapi tetap menunjukkan karakteristik penyerapan suara dengan jenis penyerap berpori. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan semakin naiknya nilai absorpsi suara yang menandakan bahwa material tersebut merupakan *porous absorber* (Howard, 2009). Hal ini juga menunjukkan bahwa penambahan filler menyebabkan semakin naiknya nilai koefisien absorpsi suara. Nilai koefisien absorpsi suara dari SR Murni, SR + 6% TKKS, dan SR + 6% TKKS + 10% BaM pada frekuensi 4000 Hz berturut turut adalah 0,4243; 0,4358; dan 0,4762. Hal ini dikarenakan penyerapan suara pada frekuensi tinggi baik untuk material dengan kerapatan yang rendah (banyak pori).

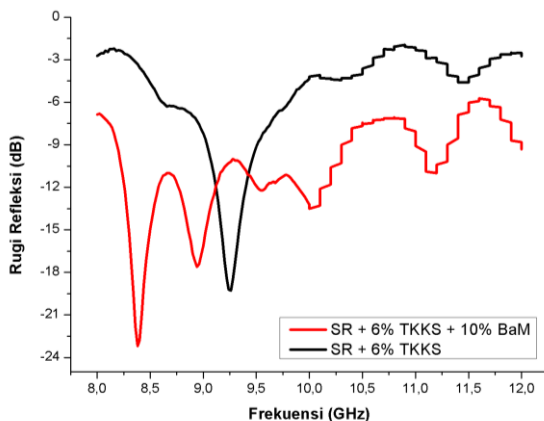
Nilai koefisien absorpsi suara dipengaruhi oleh densitas material tersebut. Semakin tinggi nilai densitasnya maka nilai koefisien absorpsi suara akan semakin rendah (Elvaswer, 2011). Hal ini juga tidak terlepas dari banyaknya pori yang terbentuk seiring dengan penambahan *filler*. Dengan meningkatnya *porosity* pada komposit, maka nilai penyerapan suara akan meningkat (Nandanwar, 2017). Oleh karena itu, SR murni memiliki nilai koefisien absorpsi suara terendah yaitu sebesar 0,4243 karena SR murni memiliki nilai densitas tertinggi dan jumlah pori yang paling sedikit yaitu sebesar 17,773% area. Dari hasil tersebut maka terlihat bahwa komposit SR + 6% TKKS + 10% BaM memiliki nilai penyerapan suara yang paling optimal.

#### 4.6 Analisis Uji VNA

Analisis terhadap besar penyerapan suatu gelombang elektromagnetik yang mengenai sebuah material dapat diketahui dengan melakukan pengujian *Vector Network Analyzer* atau VNA. Pengujian dengan VNA ini dilakukan pada rentang frekuensi 8-12 GHz yang merupakan operasi gelombang mikro untuk teknologi militer. Pada pengujian ini menggunakan parameter S11 yang merupakan parameter absorpsi pada material dengan perantara adapter. Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat dari besar kecilnya nilai rugi refleksi yang dihasilkan.



**Gambar 4.14** menunjukkan grafik yang didapatkan dari hasil pengujian VNA.



**Gambar 4.14** Grafik Hasil Uji VNA

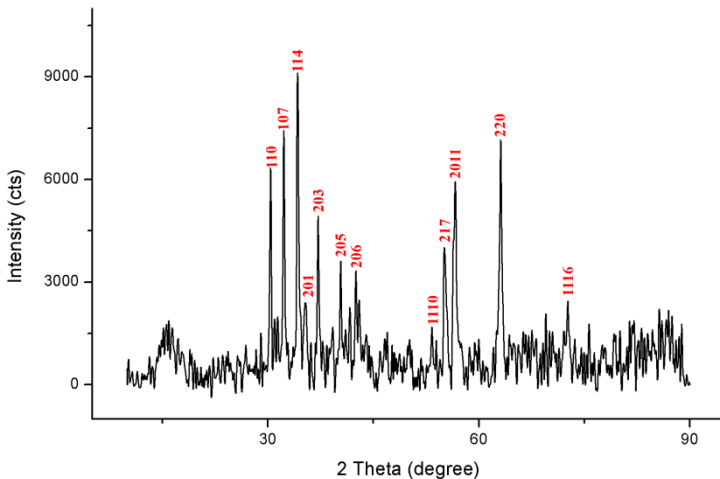
Dari Gambar 4.14 terlihat bahwa pada komposit SR + 6% TKKS nilai rugi refleksi terbesar adalah -19,263 dB pada frekuensi 9.255 GHz. Sedangkan pada komposit SR + 6% TKKS + 10% BaM nilai rugi refleksi terbesar adalah -23,016 dB pada frekuensi 8.390 GHz.

Hal ini juga menunjukkan bahwa dengan penambahan BaM yang merupakan material RAM, maka nilai rugi refleksi makin negatif yang mana berarti penyerapan gelombang elektromagnetik oleh material tersebut juga semakin besar. Hal ini dikarenakan pada saat gelombang datang mengenai material yang sudah dilapisi BaM maka gelombang tersebut akan masuk ke dalam material RAM dan kemudian akan bertumbukan dengan partikel-partikel dalam material tersebut. Akibat adanya tumbukan inilah gelombang akan kehilangan energi sehingga gelombang tidak akan terpantul kembali (Zainuri, 2016). Sehingga penyerapan gelombang elektromagnetik paling optimum adalah pada SR + 6% TKKS + 10% BaM.



#### 4.7 Analisis Uji XRD

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk atau terdapat pada suatu material. Pengujian XRD dilakukan dengan rentang sudut  $10^{\circ}$ - $90^{\circ}$  dan menggunakan panjang gelombang  $\text{CuK}\alpha$  sebesar 1.54056 Å. Pola XRD untuk serbuk Barium Heksaferrit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) ditunjukkan pada Gambar 4.15



**Gambar 4.15** Pola XRD  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$

Pola difraksi yang dihasilkan pada pengujian XRD kemudian diolah dengan menggunakan *software Match!* Untuk mengetahui fasa apa saja yang terbentuk. Berdasarkan Gambar 4.15 menunjukkan beberapa peak yang dan posisi 3 peak tertinggi ada pada  $24.1546^{\circ}$ ,  $32.2906^{\circ}$ , dan  $63.1173^{\circ}$ . Dari pola tersebut fasa yang terindikasi adalah fasa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  dengan struktur kristal heksagonal (PDF#43-0002). Dari Pola XRD pada Gambar 4.15 dapat disimpulkan bahwa telah terbentuk  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  pada sintesis BaM yang telah dilakukan pada penelitian ini.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Pengaruh penambahan *filler* terhadap morfologi komposit yaitu menyebabkan perubahan jumlah dan bentuk pori menjadi lebih banyak dan berbentuk tidak beraturan. Sedangkan untuk *Silicone rubber* berporous dengan penambahan 6% nanoselulosa dan 10% BaM memiliki karakteristik penyerapan suara yang paling baik yaitu dengan nilai koefisien penyerapan suara sebesar 0,4762 pada frekuensi 4000 Hz.
2. Penambahan Barium Heksaferrit pada komposit *Silicone Rubber* berporous meningkatkan nilai penyerapan gelombang elektromagnetik. Pada komposit *silicone rubber* berporous dengan penambahan 6% nanoselulosa dan 10% BaM memiliki karakteristik penyerapan gelombang elektromagnetik yang cukup baik yaitu dengan rugi refleksi sebesar -23,016 dB pada frekuensi 8,390 GHz.

#### **5.2 Saran**

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material penyerap gelombang elektromagnetik.
2. Menggunakan fraksi berat Barium Heksaferrit yang lebih besar agar nilai  $\alpha$  dan rugi refleksi menunjukkan tren yang lebih baik.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham E., Deepa B., Pothan L.A., Jacob M., Thomas S., Cvelbar U., Anandjiwala R. 2011. "Extraction of Nanocellulose Fibrils from Lignocellulosic Fibres: A Novel Approach". **Carbohydrate Polymers** 86:1468-1475.
- Alves, Luis, Bruno Medronho, Filipe E. Antunes, Maria P. Fernández-García, João Ventura, João P. Araújo, Anabela Romano, Bjorn Lindman. 2015. "Unusual Extraction and Characterization of Nanocrystalline Cellulose from Cellulose Derivatives". **Journal of Molecular Liquids** 210:106-112.
- Anggorodi, R. 1994. **Ilmu Makanan Ternak**. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Beg, M. F. Mina, R. M. Yunus. 2015. "The Use of Oil Palm Biomass (OPB) Fibers as Reinforcements in Composites". **Progress in Polymer Science** 37, 126-132.
- Brinchi, L., et al. 2013. "Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: Technology and applications". **Carbohydrate Polymers** 94:154-169.
- Callister Jr, William D, 2009. **Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition**. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Chen Wen Shan, 2012. "Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fiber and Tyre Particles". **International Journal of Applied Physics and Mathematics** 2:2
- Doelle, L. L. 1972. **Akustik Lingkungan**. Jakarta: Erlangga.
- Elvaswer, Rudi Pratama. 2011. "Analisis Gelombang Akustik pada Papan Serat Kelapa Sawit sebagai Pengendali Kebisingan". **Jurnal Ilmu Fisika (JIF)**, Vol 3 No. 1
- Faruk, Omar, Andrzej K. Bledzki, Hans-Peter Fink, Mohini Sain. 2012. "Biocomposites Reinforced with Natural Fibers". **Progress in Polymer Science** 37, Hal. 1552-1596.
- Howard dan Angus, 2009. **Acoustics and Psychoacoustics 4<sup>th</sup> Edition**. Burlington: Oxford.

- Ireana Yusra, Abdul Khalil, Hossain Sohrab. 2014. "Exploration of a Chemo-Mechanical Technique for the Isolation of Nanofibrillated Cellulosic Fiber from Oil Palm Empty Fruit Bunch as a Reinforcing Agent in Composites Materials". **Polymers** **2014**, 6: 2611-2624
- Ivdre, A., et al. 2016. "Nanocellulose Reinforced Polyurethane Obtained From Hydroxylated Soybean Oil". **Proceeding Baltic Polymer Symposium 2015**. IOP Publishing.
- J. Rout, M. Misra, S.S. Tripathy, S.K. Nayak, A.K. Mohanty. 2001. "The Influence of Fibre Treatment on The Performance of Coir-Polyester Composites". **Composites Science and Technology**. 61:1303-1310.
- Jiang J., Ai L-H., Qin D-B., Liu H., Chao L.L., (2009), "Preparation and Characterization of Electromagnetic Functionalized Polyaniline/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Composites", **Synthetic Metals** 159, Hal 695–699.
- Jiang J., Ai L-H., Lin-Y.L. 2010. "Poly(aniline-co-o-toluidine)/BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> Composite: Preparation and Characterization". **Materials Letters** 64:888–890.
- Jinping Zhou, Lina Zhang. 2000. "Structure and Properties of Blend Membranes Prepared from Cellulose and Alginate in NaOH/Urea Aqueous Solution". **Department of Chemistry**. Wuhan University. China
- K. Yoshimuraa, K. Nakano, K. Okamoto, T. Miyake. 2012. "Mechanical And Electrical Properties in Porous Structure of Ketjenblack/Silicone–Rubber Composites". **Sensors and Actuators A** 180:55-62.
- Kanagesan, S., M. Hashim., . Jesurani., T. Kalaivan., I. Ismail., 2013. "Influence of Zn-Nb on the magnetic Properties of Barium Hexaferrite". **Materials Sciences and Applications** 5: 171-176
- Khalil, Abdul H.P.S. 2012. "Oil Palm Biomass Fibres and Recent Advancement in Oil Palm Biomass Fibres Based Hybrid Biocomposites". **Woodhead Publishing** 5, 112-134.

- Lojewska, J., P. Miskowicz, T. Lojewski, L.M. Proniewicz. 2005. "Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach". **Polymer Degradation and Stability** 88:512-520.
- Mediastika, Christina. 2005. **Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia**. Erlangga: Yogyakarta.
- Moh. Farid, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P. Wulandari. 2015. "Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre". **Advanced Materials Research** 1112:329-332.
- Moh. Farid, T. Heryanto. 2013. Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials. **Advanced Material Research**. Vol. 789, pp.269-273
- Mondragon, G., S. Fernandes, A. Retegi, C. Pena, I. Algar, A. Eceiza, A. Arbelaiz. 2014. "A Common Strategy to Extracting Cellulose Nanoentities from Different Plants". **Industrial Crops and Products** 55:140-148.
- Moon, J. Robert, Ashlie Martini, John Nairn. 2011. "Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties, and Nanocomposites". **Chem Soc Rev** 40: 3941-3994.
- Morton, Maurice. 1959. **Introduction to Rubber Technology**. NewYork : Reinhold Publishing Cooperation.
- N. S. Lani, Johari. 2014. "Isolation, Characterization, and Application of Nanocellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber as Nanocomposites". **Journal of Nanomaterials**: Hindawi Publishing Cooperation.
- N. Saba, M. T. Paridah. 2016. "Dynamic mechanical properties of oil palm nano filler/kenaf/epoxy hybrid nanocomposite". **Construction and Building Materials** 124:133-138
- Nandanwar Anand, M. C. Kiran. 2017. "Influence of Density on Sound Absorption Coefficient of Fibre Board". **Open Journal of Acoustic** 7:1-9.

- Nasution E.L.Y dan Astuti. 2012. "Sintesis Nanokomposit PAni/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro". **Jurnal Fisika Unand** 1, 1:37-44.
- Peng, B., et al. 2011. "Chemistry and Applications of Nanocrystalline Cellulose and Its Derivatives: A Nanotechnology Perspective". **The Canadian Journal of Chemical Engineering** 89, 5:1191- 1206.
- Priyono, Azwar Manaf. 2007. Material Magnetik Barium Heksferit Tipe-M untuk Material Anti Radar pada Frekuensi S-Band. **Jurnal Sains Material Indonesia** 11:2.
- Rosyidah, Afira., Moh. Farid. 2017. "Studi Bahan Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Nano Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit". **Program Sarjana**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shanmugarajah, Bawaanii, dkk. 2015. "Isolation of NanoCrystalline Cellulose (NCC) from Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB): Preliminary Result on FTIR and DLS Analysis". **Chemical Engineering** 45:1705-1710
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.
- Sultoni, Yusuf., Farid. 2017. "Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa terhadap Morfologi, Kekuatan Bending dan Koefisien Absorpsi Suara Komposit Polyurethane/Coir Fiber pada Komponen Muffler". **Program Sarjana**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Svagan, A.J., Jensen, P., Berglund, L.A., Furó, I., and Dvinskikh, S.V. 2010. "Towards Tailored Hierarchical Structures in Starch-Based Cellulose Nanocomposites Prepared by Freeze Drying". **J. Mater. Chem** 20:6646.
- Tarkono, Hadi Ali. 2014. Pengaruh Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Terhadap Sifat Mekanik Eternit Yang Ramah Lingkungan. **Fakultas Teknik Universitas Lampung**

- Wilson, M. 2006. Scanning Tunneling Microscope Measures The Spin-Excitation Spectrum of Atomic-Scale Magnets, Physics Today. **The Canadian Journal** 80:13.
- Zainuri, Lian Nunisa. 2016. “Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Radar Absorbing Material (RAM) Berbahan Dasar BaM/PANi pada Rentang Gelombang X-Band dengan Variasi Ketebalan”. **Jurnal Sains dan Seni ITS** 5, 2:2337-3520.

*(Halaman Ini Segaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN

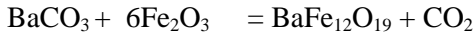
#### 1. Perhitungan Komposisi Sintesis BAM

Ar. Ba = 137,34

Ar. Fe = 55,84

Ar. O = 15,98

##### a. BAM Non Dopping



Mr.  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  = 1111,04 g/mol

$$n. \text{BaFe}_{12}\text{O}_{19} = \frac{12}{1111,04} = 0,0108 \text{ mol}$$

Massa  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  yang diinginkan seberat 12gr

Kebutuhan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :

$$n. \text{Fe}_2\text{O}_3 = 6 \times 0,0108 = 0,0648 \text{ mol}$$

$$\text{massa Fe}_2\text{O}_3 = 0,0648 \times \text{Mr. Fe}_2\text{O}_3$$

$$= 0,0648 \times 159,6882$$

$$= 10,347 \text{ gram}$$

Kebutuhan  $\text{BaCO}_3$ :

$$n. \text{BaCO}_3 = 0,0108 \text{ mol}$$

$$\text{massa BaCO}_3 = 0,0108 \times \text{Mr. BaCO}_3$$

$$= 0,0108 \times 197,3359$$

$$= 2,131 \text{ gram}$$

##### b. BAM Dopping



$$\text{Kebutuhan Fe}_2\text{O}_3 = (5,75 \times 0,0108) \times 159,6882$$

$$= 9,916 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan BaCO}_3 = 2,131 \text{ gram}$$

$$\text{Kebutuhan Zn} = (0,5 \times 0,0108) \times 65,38$$

$$= 0,353 \text{ gram}$$

## 2. Perhitungan Massa Komposisi Spesimen Uji Spesimen Absorpsi Suara

Massa Total = 200 gram

- SR + 6% Nanoselulosa

Massa Serat =  $0,06 \times 200$  gram = 12 gram  
Massa SR =  $(2/13) \times (200-12)$  gram = 28,92 gram  
Massa Heksana =  $(3/13) \times (200-12)$  gram = 43,39 gram  
Massa NaCl =  $(8/13) \times (200-12)$  gram = 115,69 gram  
Massa Bluesil =  $0,02 \times 200$  gram = 4 gram

- SR + 6% Nanoselulosa + 10% BaM

Massa Serat =  $0,06 \times 200$  gram = 12 gram  
Massa BaM =  $0,1 \times 200$  gram = 20 gram  
Massa SR =  $(2/13) \times (200-32)$  gram = 25,85 gram  
Massa Heksana =  $(3/13) \times (200-32)$  gram = 38,77 gram  
Massa NaCl =  $(8/13) \times (200-32)$  gram = 103,38 gram  
Massa Bluesil =  $0,02 \times 200$  gram = 4 gram

## 3. Perhitungan Massa Komposisi Spesimen Uji Densitas, SEM, FTIR, VNA

Massa Total = 8 gram

- SR + 6% Nanoselulosa

Massa Serat =  $0,06 \times 8$  gram = 0,48 gram  
Massa SR =  $(2/13) \times (8-0,48)$  gram = 1,157 gram  
Massa Heksana =  $(3/13) \times (8-0,48)$  gram = 1,736 gram  
Massa NaCl =  $(8/13) \times (8-0,48)$  gram = 4,627 gram  
Massa Bluesil =  $0,02 \times 8$  gram = 0,16 gram

- SR + 6% Nanoselulosa + 10% BaM

Massa Serat =  $0,06 \times 8$  gram = 0,48 gram  
Massa BaM =  $0,1 \times 8$  gram = 0,8 gram  
Massa SR =  $(2/13) \times (8-1,12)$  gram = 1,034 gram  
Massa Heksana =  $(3/13) \times (8-0,64)$  gram = 1,551 gram  
Massa NaCl =  $(8/13) \times (8-0,64)$  gram = 4,135 gram  
Massa Bluesil =  $0,02 \times 8$  gram = 0,16 gram



## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN MASSA JENIS KOMPOSIT

**Mencari massa jenis:**

$$\frac{\text{massa spesimen di udara (gram)}}{\text{massa spesimen dalam air (gram)}} \times \text{massa jenis air (1 gram/cm}^3\text{)}$$

#### 1. SR Berpori Murni

Spesimen	Massa di Udara	Massa dalam Air	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,3655	0,3641	1,003845
2	0,3495	0,3477	1,005177
3	0,4113	0,4096	1,00415
<b>Rata-rata</b>			1,004391

#### 2. SR Berpori + 6% Nanoselulosa

Spesimen	Massa di Udara	Massa dalam Air	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,4803	0,4796	1,00146
2	0,4912	0,4899	1,00265
3	0,5008	0,4993	1,003
<b>Rata-rata</b>			1,002372


#### 3. SR Berpori + 6% Nanoselulosa + 10% BaM

Spesimen	Massa di Udara	Massa dalam Air	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,6457	0,6449	1,001241
2	0,6778	0,6771	1,001034
3	0,7003	0,6995	1,001144
<b>Rata-rata</b>			1,00114

## LAMPIRAN C HASIL PENGUJIAN

### 1. Pengujian Absorpsi Suara

#### a. *Silicone Rubber Berpori Murni*



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 166/PRO/VIBRATIC/V/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen Uji Alfa SIR Polos dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 25 Mei 2017 pukul 01.00 WIB dengan ukuran diameter = 9,8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

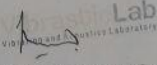

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.197
250	0.1731
500	0.3737
1000	0.3837
2000	0.3804
4000	0.4243

**Kesimpulan**

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001

b. *Silicone Rubber Berpori + Nanoselulosa 6%*



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibraticum.sp.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 164/PRO/VIBRATICUM/V/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen Uji Alfa SIR + 6% dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Rabu, 25 Mei 2017 pukul 01.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1882
250	0.1894
500	0.3274
1000	0.3682
2000	0.4045
4000	0.4358


**Kesimpulan**

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**  
NIP. 1960022918701 1 001

c. *Silicone Rubber Berpori* + 6% Nanoselulosa + 10% BaM



**LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA**  
Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 151/PRO/VIBRASTIC/V/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen SR + 6% TKKS + 10% BaM dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

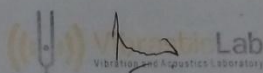
**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1562
250	0.1705
500	0.2918
1000	0.4242
2000	0.4664
4000	0.4762

**Kesimpulan**

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

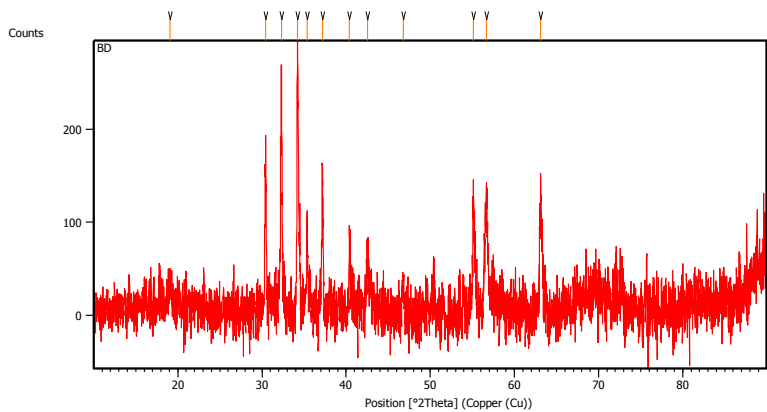
Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



**Jr. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc**  
NIP. 1960022918701 1 001

## 2. Pengujian XRD

### Barium Heksaferrite



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	Left	d-spacing [Å]	Rel. [%]	Int.
30.4066	71.75	0.1338		2.93977	87.68	
32.2906	78.10	0.1673		2.77576	95.45	
34.1546	81.82	0.1171		2.62526	100.00	
35.3473	21.41	0.4015		2.53936	26.16	
37.1601	39.77	0.4015		2.41954	48.60	
40.2672	34.01	0.2007		2.23441	41.56	
42.5162	32.71	0.2007		2.12631	39.97	
55.0359	30.92	0.2676		1.66581	37.69	
56.6832	59.46	0.2007		1.62396	72.66	
63.1173	77.77	0.1004		1.47302	37.65	

PDF#43-0002: QM=Star/Calculated; d=Other/Unknown; I=(Unknown)

Barium Iron Oxide

BaFe12O19

Radiation=CuK $\alpha$ 1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=

Ref= Level-1 PDF

Hexagonal, P63/mmc(194) Z=2 mp=  
Cell=5,892x5,892x23,183<90x90x120> Pearson=  
Density(c)=5,298 Density(m)= Mwt= Vol=  
Ref= Ibid.

Strong Line: 2,63/X 2,78/9 2,42/5 2,95/5 1,47/4 1,62/4 1,67/4 2,24/3

d(A)	I(f)	I(v)	h	k	l	n^2	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
4,983	8,0	4,0	1	0	1		17,784	8,892	0,1003	1,2608
4,670	12,0	7,0	1	0	2		18,987	9,493	0,1071	1,3454
3,863	10,0	7,0	0	0	6		22,999	11,499	0,1294	1,6262
3,829	3,0	2,0	1	0	4		23,206	11,603	0,1306	1,6406
3,080	1,0	1,0	1	0	6		28,962	14,481	0,1623	2,0397
2,946	45,0	40,0	1	1	0		30,314	15,157	0,1697	2,1328
2,897	15,0	14,0	0	0	8		30,830	15,415	0,1725	2,1682
2,855	9,0	8,0	1	1	2		31,302	15,651	0,1751	2,2006
2,778	89,0	84,0	1	0	7		32,286	16,098	0,1800	2,2618
2,626	100,0	100,0	1	1	4		34,131	17,056	0,1904	2,3925
2,551	9,0	9,0	2	0	0		35,145	17,572	0,1960	2,4627
2,536	5,0	5,0	2	0	1		35,365	17,682	0,1972	2,4776
2,519	7,0	7,0	1	0	8		35,599	17,799	0,1984	2,4935
2,491	1,0	1,0	2	0	2		36,015	18,007	0,2007	2,5217
2,422	47,0	51,0	2	0	3		37,077	18,538	0,2064	2,5935
2,342	3,0	3,0	1	1	6		38,392	19,196	0,2134	2,6820
2,299	2,0	2,0	1	0	9		39,142	19,571	0,2174	2,7324
2,235	30,0	35,0	2	0	5		40,315	20,157	0,2237	2,8109
2,129	19,0	23,0	2	0	6		42,421	21,210	0,2348	2,9512
2,110	1,0	1,0	1	0	10		42,809	21,404	0,2369	2,9769
1,947	6,0	8,0	1	0	11		46,586	23,293	0,2567	3,2256
1,922	1,0	1,0	2	1	1		47,253	23,626	0,2601	3,2691

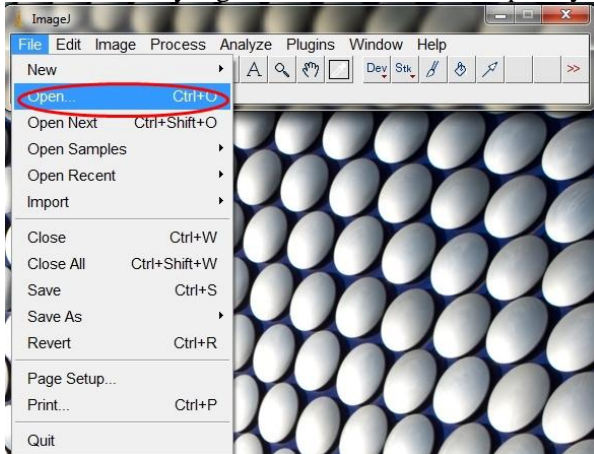
1,821	3,0	4,0	1	1	10	50,023	25,011	0,2744	3,4488
1,812	8,0	12,0	2	0	9	50,294	25,147	0,2758	3,4663
1,715	3,0	5,0	2	0	10	53,352	26,676	0,2914	3,6620
1,700	8,0	12,0	3	0	0	53,856	26,928	0,2940	3,6941
1,682	2,0	3,0	3	0	2	54,481	27,240	0,2971	3,7337
1,666	37,0	58,0	2	1	7	55,056	27,528	0,3000	3,7700
1,655	6,0	10,0	0	0	14	55,442	27,721	0,3019	3,7944
1,632	21,0	34,0	3	0	4	56,325	28,162	0,3064	3,8499
1,624	43,0	70,0	2	0	11	56,597	28,298	0,3077	3,8670
1,615	4,0	7,0	1	1	12	56,953	28,476	0,3095	3,8892
1,605	5,0	8,0	2	1	8	57,340	28,670	0,3114	3,9134
1,543	1,0	2,0	2	1	9	59,860	29,930	0,3239	4,0699
1,540	3,0	5,0	2	0	12	60,017	30,008	0,3246	4,0795
1,482	1,0	2,0	2	1	10	62,602	31,301	0,3372	4,2378
1,479	2,0	4,0	1	0	15	62,765	31,382	0,3380	4,2477
1,473	44,0	78,0	2	2	0	63,058	31,529	0,3394	4,2655
1,461	3,0	5,0	2	0	13	63,605	31,803	0,3421	4,2987
1,443	1,0	2,0	1	1	14	64,500	32,250	0,3464	4,3527
1,422	4,0	7,0	2	1	11	65,556	32,778	0,3514	4,4161
1,389	11,0	21,0	2	0	14	67,360	33,680	0,3600	4,5235
1,376	2,0	4,0	2	2	6	68,063	34,031	0,3633	4,5650
1,371	1,0	2,0	3	0	10	68,345	34,173	0,3646	4,5817
1,313	7,0	14,0	2	2	8	71,834	35,917	0,3808	4,7850
1,301	14,0	28,0	3	1	7	72,584	36,292	0,3842	4,8281
1,300	3,0	6,0	1	1	16	72,660	36,330	0,3846	4,8325
1,276	2,0	4,0	3	0	12	74,225	37,112	0,3917	4,9218
1,271	1,0	2,0	3	1	8	74,562	37,281	0,3932	4,9409
1,258	5,0	10,0	4	0	3	75,469	37,735	0,3973	4,9921
1,248	3,0	6,0	1	0	18	76,170	38,085	0,4004	5,0315
1,229	3,0	6,0	4	0	5	77,551	38,775	0,4065	5,1085
1,211	2,0	4,0	4	0	6	78,972	39,486	0,4128	5,1870
1,206	2,0	4,0	2	1	15	79,387	39,693	0,4146	5,2097
1,202	2,0	4,0	2	0	17	79,654	39,827	0,4157	5,2243
1,180	6,0	13,0	1	1	18	81,495	40,747	0,4237	5,3243
1,174	2,0	4,0	3	1	11	81,931	40,966	0,4256	5,3478
1,159	2,0	5,0	0	0	20	83,291	41,646	0,4314	5,4205
1,143	1,0	2,0	4	0	9	84,725	42,362	0,4374	5,4963

## LAMPIRAN D

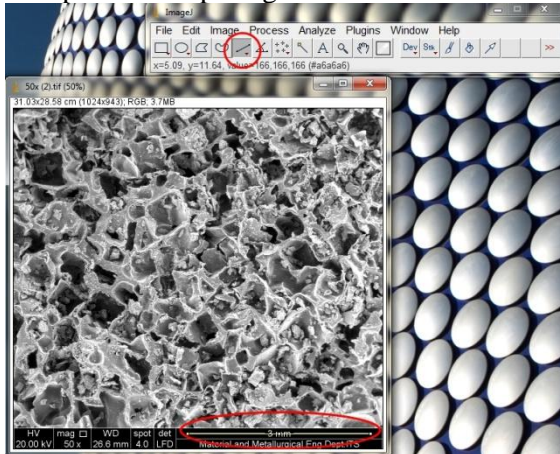
### ANALISIS PORI DENGAN *SOFTWARE IMAGEJ*

#### A. Tahapan Analisis Pori

1. Membuka file yang akan dianalisis ukuran porinya

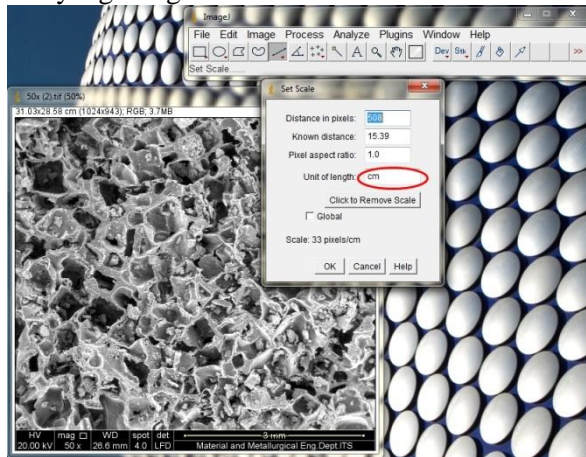


2. Atur penskalaan pada gambar

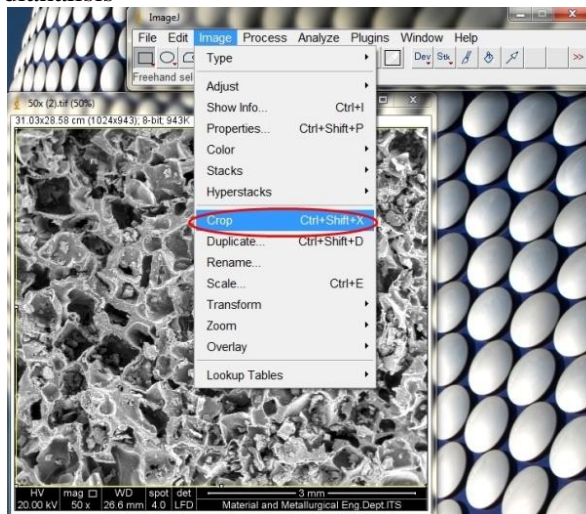




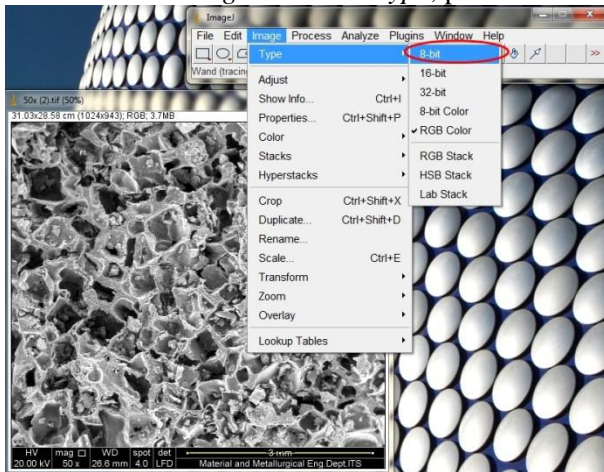
3. Memilih menu *analyze* kemudian *set scale* dan tentukan unit yang diinginkan



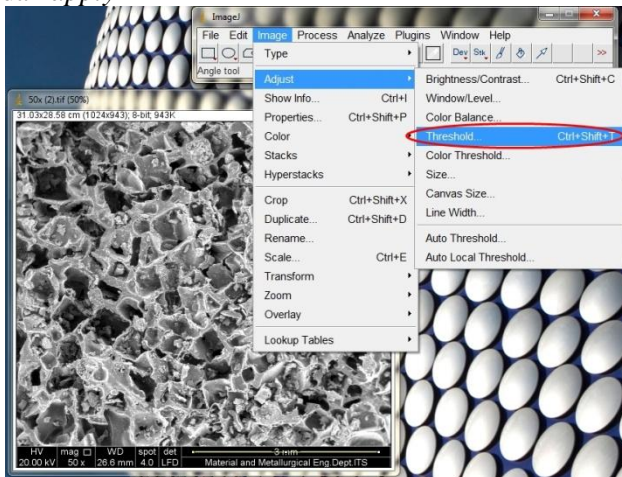
4. Melakukan *crop* gambar pada area berpori yang akan dianalisis



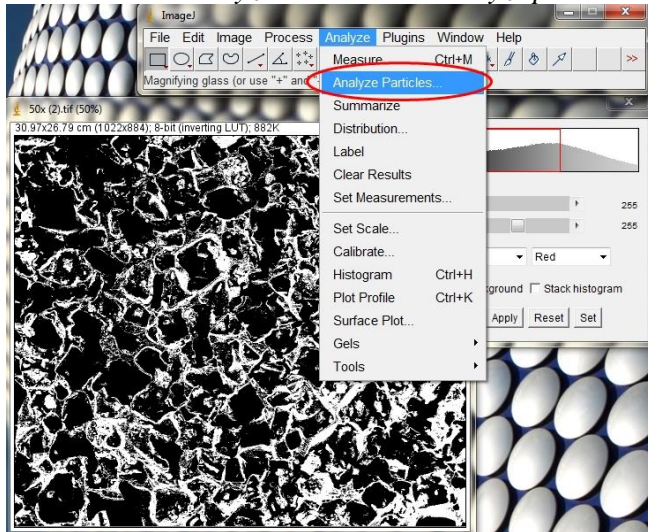
5. Mengubah gambar ke dalam resolusi 8 bit dengan cara memilih menu *image* kemudian *type*, pilih 8 bit



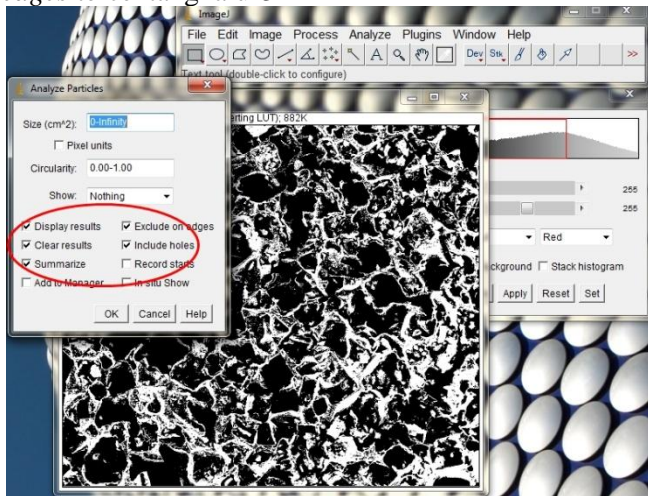
6. Untuk mengidentifikasi pori, edit gambar ke dalam *threshold* dengan memilih menu *image* kemudian *adjust* dan *apply*



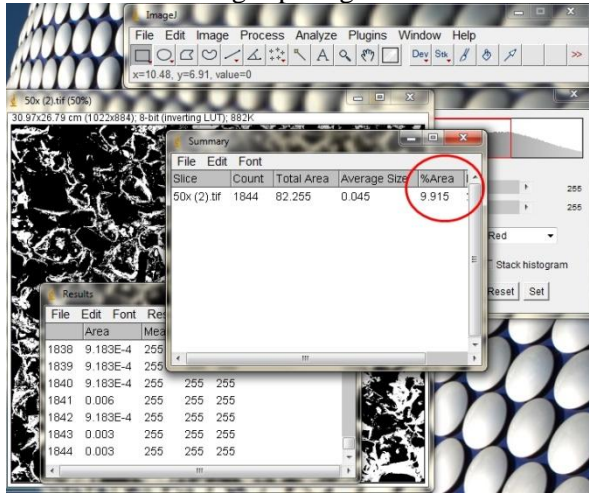
7. Memilih menu *analyze* lalu memilih *analyze particles*.



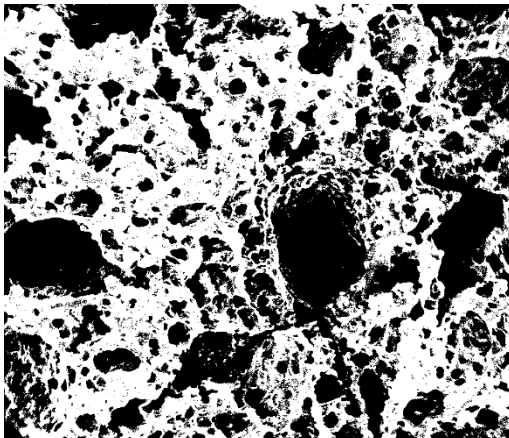
8. Memastikan *results*, *summarize*, *include holes* dan *exclude edges* tercentang lalu OK



9. Muncul kotak dialog seperti gambar di bawah



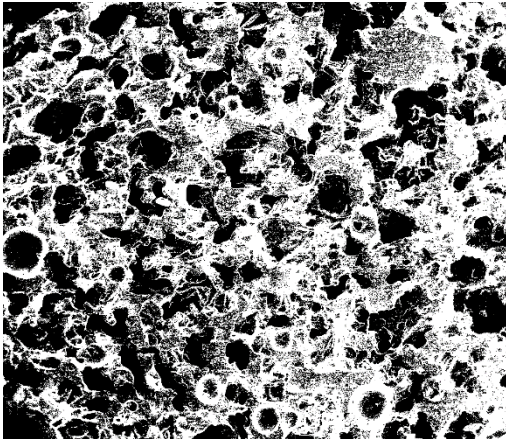
## B. Hasil Analisis pada Silicone Rubber Berpori Murni



Slice	Count	Total Area	Average Size	% Area	Mean
50x.tif	4214	146.017	0.035	17.773	253.887

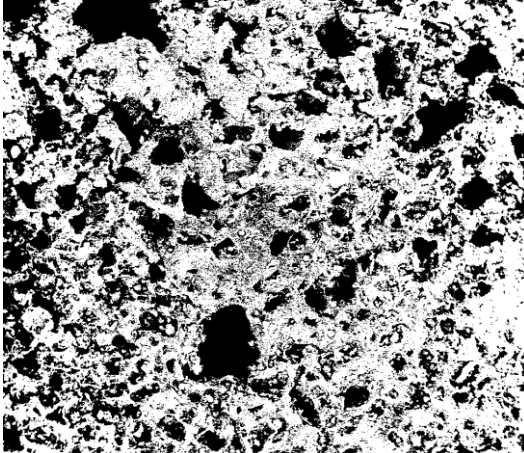


**C. Hasil Analisis pada Komposit Silicone Rubber Berpori + 6% Nanoselulosa**



Slice	Count	Total Area	Average Size	% Area	Mean
50x.tif	10149	222.479	0.022	27.142	253.666

**D. Hasil Analisis pada Komposit Silicone Rubber Berpori + 6% Nanoselulosa + 10% BaM**



Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean
50x.tif	10207	241.170	0.024	29.198	254.324

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena dengan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ayah, Ibu, Wisnu, Tiara, Dinar, serta seluruh keluarga yang telah memberikan banyak doa, dukungan, semangat, dan motivasi.
3. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA dan Bapak Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T. selaku dosen *co*-pembimbing tugas akhir yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
5. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc selaku dosen wali yang selalu mengayomi dari awal perkuliahan
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang telah membimbing penulis hingga terciptanya laporan ini
7. Aji Pambudi yang selalu menjadi *supporting system* bagi penulis dan yang selalu menemani di saat suka dan duka
8. Sahabat terbaik penulis selama di kampus yaitu Aisyah Jati Puti dan Reggy Arya Putra yang telah memberikan semangat dan energi positif dan selalu menjadi tempat curahan hati penulis
9. Cut Syahnaz, Rari Prasidya, dan Dea Ghiovani sebagai sahabat penulis sejak duduk di bangku SMP yang hingga saat ini selalu memberikan semangat kepada penulis
10. 5 Bersaudara yaitu Sita, Samuel, Henry, dan Axel yang telah bersama mengerjakan tugas akhir ini
11. Kholid, Fiqhi, dan Ateng yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir

12. Teman-teman MT 15 yang memberikan macam-macam cerita bagi kehidupan perkuliahan penulis di kampus
13. Chang, Wiwin, dan Ninur sebagai adik tersayang penulis selama di HMMT ITS
14. Seluruh komponen PSDM HMMT 2014/2015 dan PSDM HMMT 2015/2016 yang menemani penulis dalam berorganisasi di dalam kampus
15. Seluruh komponen PM3I 2014/2015 dan PM3I 2015/2016 yang telah menemani penulis dalam berorganisasi di luar kampus
16. Serta seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi dalam Tugas Akhir ini dan belum bisa dituliskan satu persatu oleh penulis.



## **BIODATA PENULIS**



Penulis bernama lengkap Rachmadhani Dian Pratama, lahir di Surabaya pada tanggal 30 Januari 1996 dari ayah bernama Sukoco dan ibu bernama Kusmiati. Penulis adalah putri pertama dari tiga bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Gading I Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 1 Surabaya. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Material melalui jalur SNMPTN 2013. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepanitiaan di kampus dan luar kampus antara lain sebagai Staff Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HMMT FTI ITS periode 2014/2015, Sekretaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HMMT FTI ITS periode 2015/2016, Sekretaris Departemen Media Komunikasi dan Informasi Perhimpunan Mahasiswa Metalurgi Material se-Indonesia(PM3I) periode 2015/2016. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktisi di PT. Perusahaan Gas Negara (persero) Tbk. pada divisi PMO Infrastruktur. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai material inovatif (komposit).